# الصف الثاني الثانوي




# ملخصات - مفاهيم - أسئلة




الوحدة الاولى

# الفيزياء

## الحركه الموجيه

**الصف الثانى الثانوى**

لجنة الإعداد

ايمن صبحى فاضل

معلم أول فيزياء

مدرسه حسن ابو بكر الثانوية الرسمية المتميزة للغات وبتوجيه التجريبيات بالقليوبية

رشا على سعد قلج

بمدرسه دمنهور الثانويه بنات بالبحيرة

طاهر ابراهيم عبد الحميد اللبودى

معلم اول فيزياء مدرسه الشهيد مصطفى هلال الثانوية بنين

اشراف علمى

د/ عزيزة رجب خليفه

رئيس الادارة المركزيه لتطوير المناهج

د/أكرم حسن

2024




## قائمة المحتويات




# الفصل الأول — الحركة الموجية



– عند إلقاء حجر فى بحيرة ساكنة يكون تصادم الحجر مع الماء مصدراً للاضطراب ينتشر هذا الاضطراب عند سطح الماء على هيئة دوائر منتظمة متحدة المركز مركزها موضع سقوط الحجر ويصاحب ذلك انتقال للطاقة من مصدر الاضطراب فى نفس اتجاه انتشارها تسمى هذه الدوائر موجات الماء وانتشارها على سطح الماء يمثل حركة موجية

س: ما المقصود بالموجة ؟

ج: تعريف الموجة:هى اضطراب ينتقل وينقل الطاقة فى خط اتجاه انتشار الموجة.

س: عرف الحركة الموجية ؟

ج: الحركة الموجية : هى الاضطراب الذى ينتقل بالتتابع من نقطة إلى أخرى

## ⬅أمثلة للحركة الموجية

1) أمواج الماء:- عند إلقاء حصاة صغيرة من آن لآخر فى الماء يكون تصادم كل حصاة مع سطح الماء بمثابة مصدر اضطراب ينتشر فوق سطح الماء على هيئة دوائر منتظمة مركزها موضع سقوط تلك الحصاة

2) موجات الراديو :- هى موجات كهرومغناطيسية ، التى من خلالها نسمع صوت المذيع وندركها من آثارها على حاسة السمع ولعلنا جميعاً سمعنا جملة إذاعة القاهرة تحييكم ونبدأ إرسالها لكم على موجة متوسطة طولها 366.7 m .

3) موجات التلفزيون :- موجات كهرومغناطيسية تنقل الصوت و الصورة حيث تتحول إلى موجات تنتشر فى الفراغ ويستقبلها الهوائى ( الإريال ) فتتحول هذه الموجات إلى إشارات كهربية فى جهاز الاستقبال حيث يتم تحويلها إلى صورة و صوت .

4) موجات التليفون المحمول :- موجات تنقل الصوت من المرسل إلى المستقبل حيث تتحول الإشارات الكهربية ومنها إشارت كهرومغناطيسية تنتشر فى الفراغ و الوسط المحيط ويستقبلها هوائى التليفون المحول لدى المستقبل فتتحول إلى إشارة كهربية ثم إلى صوت وأحياناً إلى صورة .

## انواع الامواج

**تقسم الامواج الى**

### 1) أمواج ميكانيكية

♦ أمواج تحتاج لوسط مادى تنتشر خلاله مثل: أمواج الماء و الصوت و المنتشرة فى الوتر
وهى إما 1) موجات مستعرضة
أو 2) موجات طولية

### 2) أمواج كهرومغناطيسية

♦ أمواج لا تتطلب وسط مادى تنتقل فيه و يمكنها أن تنتشر
فى الفراغ بسرعة ثابتة $C = 3 \times 10^8$ m/s مثل:
أمواج الضوء – موجات الأشعة السينية – أمواج

**س: قارن بين الموجات الميكانيكية و الموجات الكهرومغناطيسية ؟**

| وجه المقارنة | الموجات الميكانيكية | الموجات الكهرومغناطيسية |
| --- | --- | --- |
| تعريفها | هى اضطراب ينتشر خلال الأوساط المادية | هى اهتزاز مجالين كهربى ومغناطيسى متغيرين متعامدين ينتشران فى الأوساط المادية و الفراغ. |
| وسط الانتشار | تنتشر خلال الأوساط المادية فقط | تنتشر خلال الأوساط المادية والفراغ |
| أنواعها | موجات مستعرضة و موجات طولية | موجات مستعرضة فقط |
| سبب حدوثها | تنشأ من اهتزاز جزيئات الوسط إما عمودى على أو فى نفس اتجاه انتشار الموجة | تنشأ عن اهتزاز مجالات كهربية و مغناطيسية فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة |
| مثال | موجات الماء ، موجات الصوت ، الموجات المنتشرة فى الأوتار عند اهتزازها ، الموجات التى تنشأ من اهتزاز الشوكة الرنانة | موجات الراديو ، موجات التلفزيون ، موجات الضوء ، الأشعة السينية ، موجات أشعة جاما ، موجات التليفون المحمول |

**س:فسر مايلى:-**

1) *الموجات الكهرومغناطيسية لا تحتاج لوسط مادى تنتقل فيه.
* تنتقل الموجات الكهرومغاطيسية خلال الفراغ
– لأنها تتولد نتيجة اهتزاز مجالات كهربية و مغناطيسية متعامدة على بعضها وليس نتيجة اهتزاز جزيئات الوسط .

2) استخدام رواد الفضاء أجهزة لاسلكية على سطح القمر .
– لأن سطح القمر خال من الغلاف الجوى والصوت يحتاج إلى وسط مادى لكى ينتقل ولذلك تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق الأجهزة اللاسلكية لأنها لا تحتاج إلى وسط مادى للانتقال .

3) **لا يسمع صوت الانفجارات فى الشمس بينما نرى ضوء الشمس .**

- لأن الضوء ينتقل فى الفراغ مابين الشمس والأرض بينما الصوت يحتاج إلى وسط مادى ولا يوجد هذا الوسط بين الشمس والأرض ولكن يوجد فراغ فلا يصل صوت الانفجارات .

4) **الصوت من الموجات الميكانيكية بينما الضوء من الموجات الكهرومغناطيسية.**

- لأن الصوت ينشأ من اهتزاز جزيئات الوسط ويحتاج لوسط مادى بينما الضوء تنشأ عن اهتزاز مجالات كهربية و مغناطيسية فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة ولا يحتاج وسط مادى لكى ينتشر فيه وينتشر فى الفراغ.

5) **الموجات الكهرومغناطيسية لها طبيعة واحدة ؟**

- لأنها تتولد نتيجة إهتزاز مجالات كهربية و مغناطيسية و يتعامد كل منها على الآخر وعلى اتجاه انتشار الموجة .

---

**س: ما هى شروط حدوث الموجات الميكانيكية؟**

**ج: 1) مصدر اهتزاز أو متذبذب**

**2) نوع من الاضطراب ينتقل من المصدر إلى الوسط**

**3) الوسط الذى يحمل الإهتزاز .**

---

**س: اذكر أمثلة لمصادر مهتزة ؟**

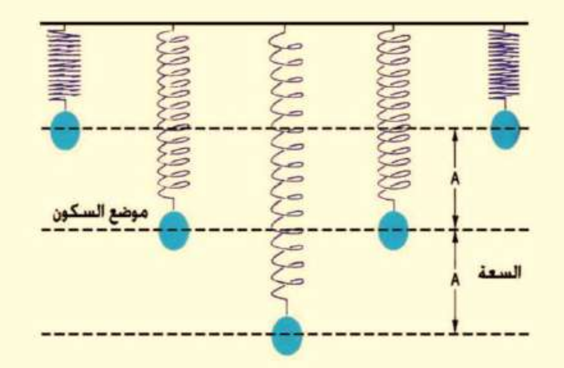
**ج: 1) البندول البسيط المهتز مثل بندول الساعة**



**2) الشوكة الرنانة المهتزة**



**3) ثقل معلق فى ملف زنبركى أثناء إهتزازه .**




*

**4) الوتر المهتز**



هى الحركة التى يحدثها الجسم المهتز حول موضع سكونه فى اتجاهين متضادين تتكرر على فترات زمنية متساوية

## تعريف بعض الكميات الفيزيائية الضرورية المرتبطة بالحركة الإهتزازية

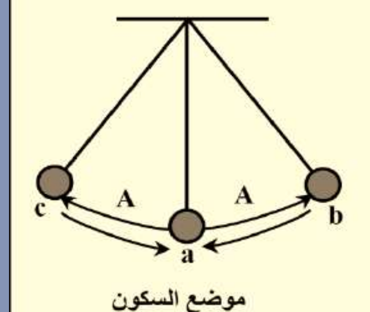
الاهتزازة الكامله | سعه الاهتزازة | الازاحه | التردد | الزمن الدورى

### الاهتزازة الكامله

هى الحركة التى يحدثها الجسم المهتز فى الفترة التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد أى يكون له نفس الطور بالنسبة لنقطة بداية الحركة .

**الطور**: موضع واتجاه حركة جزئ من جزيئات الوسط عند لحظة معينة

**ملاحظات هامة**



موضع السكون

1) يسمى الموضع a موضع سكون الجسم أو موضع اتزانه الأصلى.
2) يهتز الجسم على جانبى موضع سكونه أو إتزانه الأصلى
3) تكون طاقة الوضع عند النقطتين (b ، c) نهاية عظمى وطاقة الحركة = صفر
4) تكون طاقة الوضع عند نقطة a = صفر وطاقة الحركة نهاية عظمى.
5) تختلف سرعة الجسم الهتز من نقطة إلى أخرى فسرعته عند كل من النقطتين (b ، c) = صفر لأن الجسم عند كل منهما يسكن ليبدأ فى العودة أما سرعته عند نقطة (a) فتكون أقصى سرعة.
6) عندما يتحرك الجسم المهتز من النقطة (a) إلى (b) ثم يعود إلى نقطة (c) ماراً بالنقطة (a) ثم يعود من (c) إلى (a) يكون قد مر بالنقطة (a) ثلاث مرات منها مرتين فى اتجاه واحد ويقال أن الجسم أتم "اهتزازة كاملة" . أى أن الجسم يعمل اهتزازة كاملة عندما يمر بالنقطة (a) مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد أى يكون لها نفس الطور بالنسبة لنقطة البداية (a).
7) عند تحرك ثقل البندول و إزاحته يتغير الطور .

**س:** أمامك أربع أشكال اختر منهما الأشكال المتفقة فى الطور والأشكال المختلفة فى الطور




**ج:** - A ، D فى نفس الطور - B ، C غير متفقين فى الطور .

**الازاحه** هى بُعد الجسم المهتز فى أى لحظة عن موضع سكونه أو إتزانه الأصلى.

- وهى كمية متجهه . **وحدة قياس الإزاحة : المتر.**

---

**سعة الإهتزازة A** هى أقصى إزاحة للجسم المهتز بعيداً عن موضع سكونه.

أو:هى المسافة بين نقطتين فى مسار حركته تكون سرعته فى احداهما أقصاها وفى الأخرى منعدمة .

- وهى كمية قياسيه .

**س: مامعنى قولنا أن : سعة اهتزازة جسم مهتز = 0.6 m ؟**

**ج:** أى أن أقصى إزاحة للجسم المهتز = 0.6 m

أو: المسافة بين نقطتين فى مسار حركته تكون سرعته فى احداهما أقصاها وفى الأخرى منعدمة= 0.6 m

---

**علل: تكون سرعة الجسم المهتز عند أقصى إزاحة تساوى صفر**

**ج:** عند أقصى إزاحة تكون طاقة الحركة تحولت إلى طاقة وضع لذا تكون السرعة = صفر

---

**س: متى**

1) تكون سرعة الجسم المهتز صفر و متى تكون قيمة عظمى ؟

- عند أقصى إزاحة– لحظة مروره بنقطة الأصل .

2) تكون الإزاحة مساوية لسعة الإهتزازة ؟

- عند أقصى إزاحة .

---

**ملحوظة** – الاهتزازة الكاملة تشمل 4 سعة اهتزازة ، – سعة الاهتزازة = $\frac{1}{4}$ اهتزازة كاملة.

---

**التردد ( υ )** ←هو عدد الإهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة.

←هو عدد الأمواج التى تمر خلال نقطة ثابتة فى مسار حركته خلال ثانية واحدة.

$$\upsilon = \frac{n}{t}$$

- وحدة قياس التردد: الهرتز (Hz) وهو يكافئ (ذبذبة / ث)

**س: ما معنى قولنا أن:**

1) تردد شوكة رنانة 360 Hz ؟

- أى أن عدد الاهتزازات التى تحدثها الشوكة الرنانة فى الثانية الواحدة = 360 اهتزازة.

2) عدد الاهتزازت الكاملة لبندول بسيط 20 اهتزازة خلال 5 ثوانى؟

- أى أن تردد البندول البسيط 4 Hz

**الزمن الدورى T** ←هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل إهتزازة كاملة .

←هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد

– **وحدة قياس الزمن الدورى: الثانية (s)**

**س: ما معنى قولنا أن: الزمن الدورى لجسم مهتز = 2 s ؟**

**ج: هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل إهتزازة كاملة = 2 s**

أو: هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين فى اتجاه واحد= 2s

---

**ملحوظة** – طالما أن الاهتزازة الكاملة تشمل 4 سعة اهتزازة فإنه إذا كان لدينا زمن سعة الاهتزازة فيمكن الحصول على زمن الاهتزازة الكاملة وهو الزمن الدورى T من العلاقة:

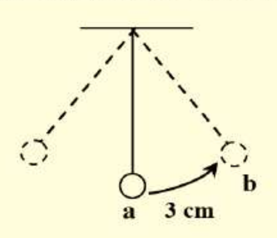
**زمن الاهتزازة الكاملة T = زمن سعة الاهتزازة × 4**

$$T = 4\,t_A$$

---

**مثال: فى الشكل المقابل: إذا كان الزمن الذى يستغرقه البندول ليتحرك من النقطة a إلى النقطة b هو 0.02 s احسب :**

1) سعة الاهتزازة 2) زمن سعة اهتزازة 3) الزمن الدورى



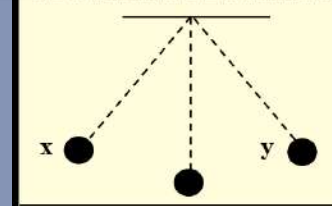

**الحـــــل**

1) $A = 3\ cm$ 2) $t_A = 0.02\ s$ 3) $T = 4\ t_A = 4 \times 0.02 = 0.08\ s$

---

**تدريب : ثقل بندول بسيط جذب جانباً ليتحرك بحرية فإذا أخذ الثقل زمن قدره 5 ثوانى ليتحرك بين النقطتين x ، y .**

**فكم يكون تردد الحركة الإهتزازية للبندول**




---

**العلاقة بين التردد( υ ) و الزمن الدورى ( T )**

$\because\ T = \dfrac{\text{الزمن بالثانية (t)}}{\text{عدد الإهتزازات (n)}}$ , $\because\ \upsilon = \dfrac{\text{عدد الإهتزازات (n)}}{\text{الزمن بالثانية (t)}}$

$\therefore\ T = \dfrac{1}{\upsilon}$ , $\therefore\ \upsilon = \dfrac{1}{T}$

$$\therefore\ \boxed{\upsilon \,.\, T = 1}$$

أى أن : التردد = مقلوب الزمن الدورى . و الزمن الدورى = مقلوب التردد.

وبالتالى فإن التردد يتناسب عكسياً مع الزمن الدورى

ويمكن تمثيل ذلك بيانياً :

الميل = $\upsilon\, T = 1$

(رسم بيانى: υ مقابل $\frac{1}{T}$ خط مستقيم ، و υ مقابل T منحنى)

**مثال: بندول بسيط يحدث 120 اهتزازة كاملة خلال 60 s احسب:- 1- التردد 2- الزمن الدورى**

**الحـــــل**

1- $\upsilon = \dfrac{\text{عدد الإهتزازات}}{\text{الزمن بالثانية}} = \dfrac{120}{60} = 2\ Hz$

2- $T = \dfrac{1}{\upsilon} = \dfrac{1}{2}\ s$

---

تدريب : بندول بسيط يحدث 1200 ذبذبة كاملة فى الدقيقة بحيث تقطع كل ذبذبة كاملة مسافة قدرها 20 cm احسب: 1) سعة الذبذبة 2) التردد 3) الزمن الدورى

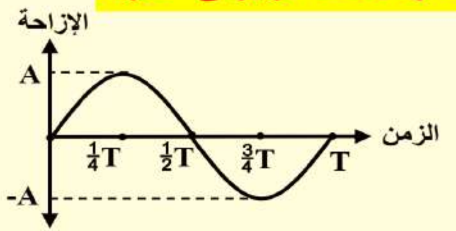
---

**ملاحظات هامة**

1) الهرتز يكافئ ث$^{-1}$ ( $Hz = s^{-1}$ )

2) تسمى الحركة الاهتزازية فى أنقى صورها مثل حركة البندول البسيط و الملف الزنبركى " حركة توافقية بسيطة" ويمكن تمثيل هذه الحركة بيانياً بمنحنى جيبى .

3) عند رسم علاقة بين الإزاحة والزمن للحركة الإهتزازية ( الحركة التوافقية البسيطة )




---

**مثال: من الشكل الموضح احسب :-**

1. تردد الموجة
2. سعة الإهتزازة
3. الزمن الدورى
4. الفترة الزمنية من ab .

**الحـــــل**

1. $T = 10 \times 10^{-3}$ s $\therefore \upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \times 10^{-3}} = 100$ Hz

2. سعة الإهتزازة $A = 2$ cm $= 0.02$ m

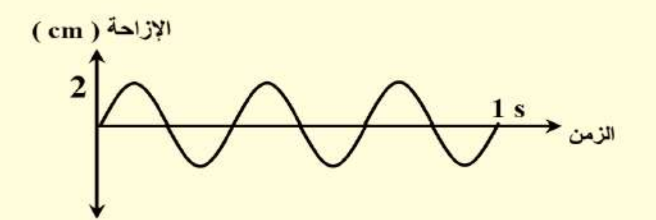
3. $T = 10 \times 10^{-3} = 0.01$ s

3. الفترة الزمنية من ab $t = \frac{T}{4} = \frac{0.01}{4} = 2.5 \times 10^{-3}$ s

---

تدريب : من الشكل الموضح احسب :-

1. تردد الموجة
2. الزمن الدورى
3. سعة الإهتزازة



# أسئلــة على الحركة الاهتزازية

## س1: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-

1) تقوم الموجات بنقل .................................. فى اتجاه انتشارها

(أ) المادة (ب) الجسيمات (ج) الطاقة (د) الماء

2) الموجات التى يلزم لانتقالها وجود وسط مادى هى ..................................

(أ) الموجات الكهرو مغناطيسية (ب) موجات الراديو (ج) الموجات الميكانيكية (د) جميع ما سبق

3) أى نوع من الأمواج التالية يمكن أن ينتقل فى الفراغ ..................................

(أ) أمواج الضوء (ب) أمواج الصوت (ج) أمواج الماء (د)الموجات الناتجة فى وتر مشدود

4) جميع الموجات التالية تنتقل فى الفراغ ماعدا ..................................

(أ) موجات الضوء (ب) موجات الأشعة السينية (ج) موجات الصوت (د) موجات اللاسلكى

5) من شروط الموجات الميكانيكة ..................................

(أ) وجود مصدر مهتز (ب) حدوث اضطراب (ج) وجود وسط مادي (د) جميع ما سبق

6) لكى نستطيع سماع صوت المذياع يجب أن يتوفر ..................................

(أ) مصدر الاضطراب (المذياع) فقط (ب) وسط مادى كالهواء فقط (ج) الاختيار أ وب معا

7) النسبة بين سماع الرعد إلى زمن رؤية البرق ..................................

(أ) أكبر من الواحد الصحيح (ب) أقل من الواحد الصحيح (ج) تساوى الواحد الصحيح

8) نوع الموجة فى البرق بينما فى الرعد ..................................

(أ) كهرومغناطيسية – كهرومغناطيسية (ب) ميكانيكية – ميكانيكية

(ج) كهرومغناطيسية – ميكانيكية (د) ميكانيكية – كهرومغناطيسية

9) ألقى طفل حجر فى بحيرة فلاحظ دوائر منتظمة على سطح الماء فيرجع سبب ذلك إلى ..................................

(أ) أن الماء هو مصدر الاهتزاز

(ب) أن الماء هو الوسط الذى يحمل الاهتزاز

(ج) سكون جزيئات الماء

(د) سكون الحجر بعد سقوطه فى الماء مباشرة

10) المسافة بين نقطتين في مسار حركة الجسم تكون طاقة الحركة عند إحداها عظمى وفي الأخرى منعدمة تمثل ..................................

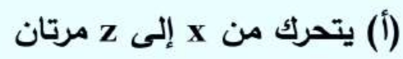
(أ) سعة الإهتزازة (ب) الإهتزازة الكاملة (ج) الطول الموجي (د) الحركة الإهتزازية

11)

(أ) ضعف المسافة AB　　　　　(ب) ضعف المسافة BC

(ج) نصف المسافة AC　　　　　(د) أربعة أمثال المسافة BC

12) فى الشكل المقابل لكى يصنع البندول اهتزازة كاملة يجب أن:



(أ) يتحرك من x إلى z مرتان

(ب) يتحرك من x إلى y أربع مرات

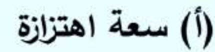
(ج) يمر بالنقطة x مرتين متتاليتين فى نفس الاتجاه

(د) يمر بالنقطة y ثلاث مرات فى نفس الاتجاه



13) سعة الاهتزازة ( تساوى الازاحة – أقل قيمة للإزاحة – أقصى قيمة للإزاحة – ضعف الإزاحة )

14) الشكل المقابل يمثل حركة بندول بسيط المسافة (X) تمثل:



(أ) سعة اهتزازة

(ب) اهتزازة كاملة

(ج) Error! اهتزازة كاملة



15) النسبة بين زمن سعة الاهتزازة إلى زمن الاهتزازة الكاملة كنسبة ( 2:1 ، 1:2 ، 4:1 ، 1:4 )

16) إذا كان الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز فى عمل اهتزازة كاملة هو 0.1 s فإن عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى 100 s هو ( 10 ، 100 ، 1000 ، 10000 ) اهتزازة

17) إذا كان تردد بندول 10 Hz فإن زمن سعته ................. ثانية　( $\frac{1}{10}$ ، $\frac{1}{20}$ ، $\frac{1}{40}$ ، 2.5 )

18) الشكل المقابل:

يوضح ثقل بندول يتحرك بحرية ، فإذا استغرق الثقل زمن قدره 5 s ليتحرك بين النقطتين X ، Y فإن تردد الحركة الاهتزازية للبندول هو ..........

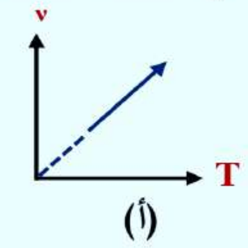
( 0.1 Hz , 5 Hz 10 Hz , 50 Hz )



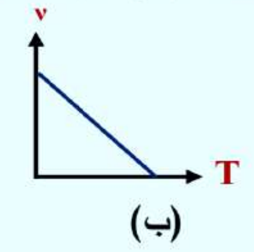
19) حاصل ضرب التردد في الزمن الدوري لجسم مهتز يساوي:

(أ) صفر　　(ب) واحد　　(ج) أقل من الواحد　　(د) أكبر من الواحد

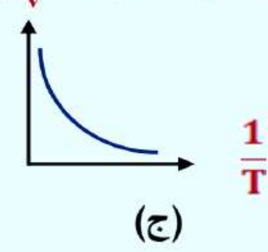
20) أي الأشكال البيانية التالية يعبر عن العلاقة بين التردد والزمن الدوري:



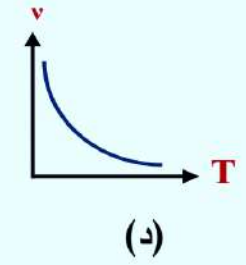

(أ)




(ب)




(ج)




(د)

21) في الرسم المقابل تكون قيمة $\theta$ هي:

(أ) $1°$

(ب) $30°$

(ج) $45°$

(د) $60°$

22) يكون التردد ضعف الزمن الدوري لجسم مهتز عندما يكون الزمن الدوري مساوياً ..... ثانية

(أ) 2 (ب) $\frac{1}{2}$ (ج) $\sqrt{2}$ (د) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

23) الزمن الدوري هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز ليمر بنقطة واحدة في مسار حركته:

(أ) مرة واحدة

(ب) مرتان متتاليتين في اتجاه اتجاه واحد .

(ج) ثلاث مرات متتاية في اتجاه واحد .

(د) أربعة مرات متتالية في اتجاه واحد .

24) زمن سعة الإهتزازة يمثل:

(أ) الزمن الدوري (ب) $\frac{1}{2}$ الزمن الدوري (ج) ضعف الزمن الدوري (د) $\frac{1}{4}$ الزمن الدوري

25) وحدة قياس التردد هي:

(أ) Hz (ب) Cycle /s (ج) $s^{-1}$ (د) جميع ما سبق

26) إذا كانت سعة اهتزازة جسم هي 5 cm فإن إزاحته في لحظة معينة قد تكون ........ سم

(أ) 10 (ب) 20 (ج) 4 (د) 15

27) الازاحة الكلية التى يقطعها الجسم المهتز خلال اهتزازة كاملة هى ...... (حيث A هى سعة الاهتزازة ) .

(أ) صفر (ب) A/4 (ج) 4A (د) 2A

28) بندول يتحرك كما بالرسم اذا كان $t_1 = t_2 = 0.1$ s فإن تردد البندول يكون:

(أ) 5 Hz

(ب) 1.25 Hz

(ج) 2.5 Hz

(د) 2 Hz

– واذا كانت المسافة ax+ xb = 4 cm . فإن سعة الأهتزازة تكون .......

(أ) 12 cm (ب) 16 cm (ج) 8 cm (د) 4 cm

29) إذا كان زمن الوصول لنصف سعة الاهتزازة هو t فإن التردد يكون:

(أ) $\frac{1}{8t}$ (ب) $\frac{1}{4t}$ (ج) $\frac{1}{2t}$ (د) $\frac{1}{t}$



30) أى نقطتين فى الشكل الذي أمامك لها نفس الطور:

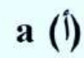
(أ) a,f

(ب) c,e

(ج) b,d

(د) a,g

31) في الشكل المقابل تكون قوه الشد اكبر ما يمكن عند النقطة:



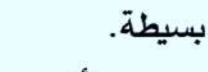
(أ) a

(ب) b

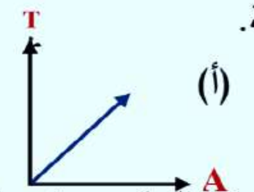
(ج) c

(د) d

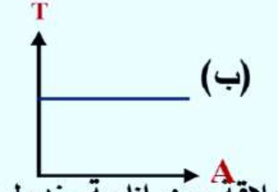
32) ما الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين الزمن الدوري (T) والسعة (A) لبندول يتحرك حركة توافقية بسيطة.



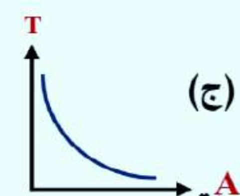
(أ)



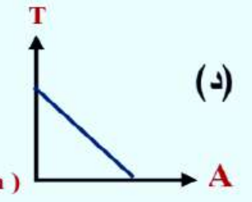

(ب)




(ج)




(د)






33) المنحنى البياني يوضح العلاقة بين ازاحة بندول بسيطة مع الزمن – التغير الحادث للسعة ناتج عن وجود

(أ) قوة رد الفعل (ب) قوة الاحتكاك

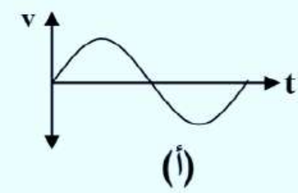
(ج) طول الخيط (د) كتلة الكرة

34) جسم مهتز النسبة بين زمنه الدورى وتردده $\frac{1}{625}$ $s^2$ فيكون عدد الذبذبات التى يصدرها الجسم خلال 25 s هو ............... ذبذبة

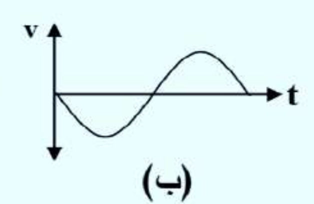
(أ) 25 (ب) 125 (ج) 425 (د) 625

35) الشكل المقابل يبين تغير إزاحة جسم يتحرك حركة توافقية بسيطة فإن أفضل منحنى يبين تغير سرعة الجسم هو:

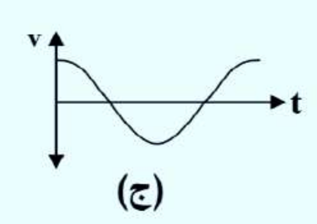




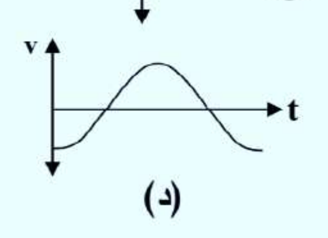

(أ)




(ب)



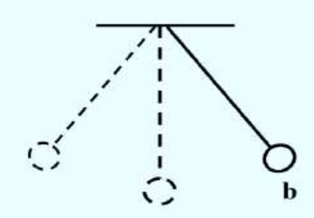

(ج)




(د)

36) الشكل المقابل يمثل حركة كرة بندول بدءاً من السكون من نقطة b

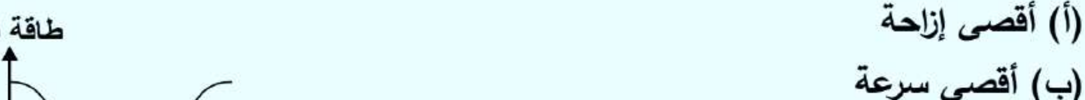
فإذا عادت الكرة لنفس هذه النقطة مرة أخرى تكون عندها:



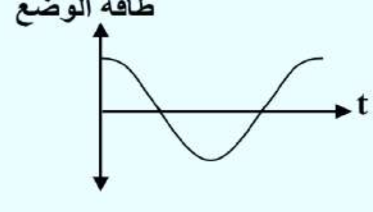

| | طاقة الحركة | طاقة الوضع | سرعة الكرة |
|---|---|---|---|
| أ | صفر | صفر | أكبر ما يمكن |
| ب | صفر | أكبر ما يمكن | صفر |
| ج | أكبر ما يمكن | صفر | أكبر ما يمكن |
| د | أكبر ما يمكن | صفر | صفر |

37) إذا كان زمن وصول البندول من نصف سعة الإهتزازة إلى أقصى إزاحة ممكنة= $\frac{1}{t}$ فإن التردد يساوى:

(أ) $\frac{t}{8}$ (ب) $\frac{t}{6}$ (ج) $\frac{t}{2}$ (د) $t$



38) الشكل المقابل يوضح تغير طاقة الوضع مع الزمن لبندول بسيط بدأ الحركة من:




(أ) أقصى إزاحة

(ب) أقصى سرعة

(ج) أقصى طاقة حركة

(د) أقل طاقة وضع

---

س2: **أسئلة متنوعة:**

1) ضع علامة صح أو خطأ:

أ- K.E عند B = صفر . ( )

ب- المسافة ab تمثل 1/4 أهتزازة كاملة .( )

ج- أكبر سرعة لحركة البندول عند a . ( )

د- P.E عند النقطة a = صفر . ( )

هـ- P.E عند b = P.E عند c .( )



2) ماذا يحدث عند زيادة تردد حركة اهتزازية لثلاثة أمثال قيمته بالنسبة للزمن الدورى؟ مع التفسير

3) جسمان مهتزان (X) ، (Y) عند رسم علاقة بين التردد (υ) ، ومقلوب الزمن الدوري $\left(\frac{1}{T}\right)$ لكل منها ، رسم أحد الطلاب الشكل الذي أمامك ( علماً بأن سرعة Y > سرعة X

صحح الخطأ في الرسم المقابل . معللاً إجابتك ؟

س3: **مسائل :-**

1) وتر مهتز يستغرق أقصى إزاحة يصنعها 0.01 s فكم يكون تردده ؟ [ 25 Hz ]

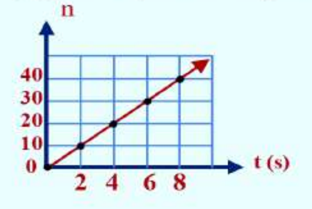
2) احسب كلاً من التردد والزمن الدورى لبندول بسيط يحدث 100 اهتزازة كاملة فى 80 ثانية.

[ 0.8 s , 1.25 Hz ]

3) بندول بسيط يحدث 1200 ذبذبة كاملة فى الدقيقة بحيث تقطع كل ذبذبة كاملة مسافة قدرها 20 cm

احسب: أ) سعة الذبذبة ب) التردد ج) الزمن الدورى [ 5 cm , 20 Hz , 0.05 s]

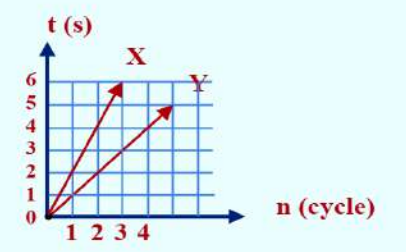
4) جسم مهتز يحدث $\frac{1}{4}$ اهتزازة كاملة في $\frac{1}{80}$ من الثانية . احسب : الزمن الدوري – التردد .




5) الرسم المقابل يبين العلاقة

بين عدد الذبذبات لكاملة والزمن الكلي (t)

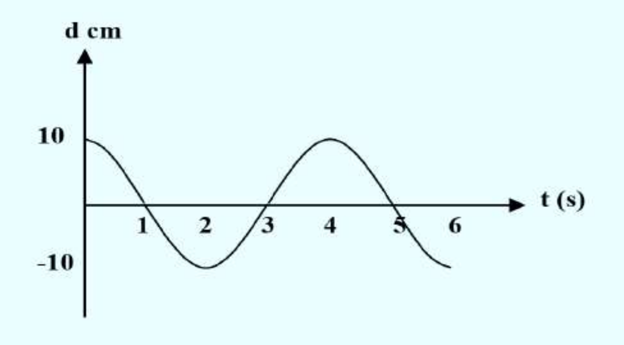
أوجد : التردد – الزمن الدوري




6) بندول (X) , بندول (Y) .

أيهما يكون تردده أكبر ؟

ثم أوجد النسبة بين ترديديهما ؟



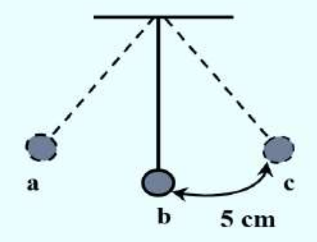

7) الرسم البيانى المقابل يعبر عن العلاقة بين إزاحة

جسم يصنع حركة توافقية بسيطة والزمن ، احسب:

أ- سعة اهتزازة الجسم

ب- الزمن الدورى لحركة الجسم

[ 10 cm , 4 s ]




8) الشكل بندول بسيط يتحرك من a إلى c خلال 10 ms احسب :

أ- ما نوع الحركة التى يحدثها البندول

ب- الزمن الدورى

ج- التردد

د- سعة الاهتزازة

هـ- المسافة التى يقطعها الجسم خلال دورة كاملة

و- الموضع الذى تكون عنده طاقة الحركة أقصى قيمة لها

ز- الموضع الذى تكون عنده طاقة الوضع أقصى قيمة لها

الوحدة الأولى/الفصل الأول "الحركة

## الدرس الثاني "الحركة الموجية"

### الحركة الموجية

* **الموجة:** **اضطراب لحظي ينتقل في الحيز المحيط بمصدر الإضطراب ويقوم بنقل الطاقة في اتجاه انتشاره.**
- **من أمثلتها؛ حركة سطح الماء عند إلقاء حجر في بحيرة بحيث:**
1. يكون تصادم الحجر مع الماء مصدراً للإضطراب.
2. ينتشر هذا الإضطراب فوق سطح الماء على هيئة دوائر متحدة المركز؛ مركزها موضع سقوط الحجر.

## * أنواع الموجات: تنقسم الموجات إلى:

### 1. موجات ميكانيكية: وتنقسم إلى:

- **موجات مستعرضة؛ مثل موجات الماء.**
- **موجات طولية؛ مثل موجات الصوت.**

2. **موجات كهرومغناطيسية:** **وهي دائماً مستعرضة؛ مثل موجات الراديو.**

### أولاً: الموجات الميكانيكية

* **الموجات الميكانيكية:** **اضطراب ينتشر خلال الأوساط المادية.**

- **النشأة: تنشأ عن مصدر مهتز ينقل نوع من الإضطراب خلال الوسط.**
- **وسط الإنتشار: تنتشر خلال الأوساط المادية فقط.**
- الشروط:

1. **وجود مصدر اهتزاز (متذبذب).**
2. **حدوث اضطراب ينتقل من المصدر للوسط.**
3. **وجود وسط مادي ينتقل خلاله هذا الإضطراب.**

**الأمثلة:** 1. موجات الماء. 2. موجات الصوت. 3.الموجات المنتشرة في الأوتار.

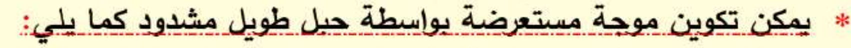
## أنواع الموجات الميكانيكية

### 1 الموجات المستعرضة

* **عند اهتزاز حبل لأعلى ولأسفل تنتقل موجة في الحبل تتكون من قمم وقيعان، وتسمى هذه الموجة موجة مستعرضة.**
* **الموجة المستعرضة:** **موجة يكون فيها اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها في اتجاه عمودي على اتجاه خط انتشار الحركة الموجية.**

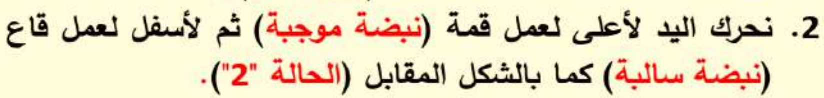


* **القمة:** **الموضع الذي يمثل النهاية العظمى لإزاحة جزيئات الوسط في الإتجاه الموجب.**
* **القاع:** **الموضع الذي يمثل النهاية العظمى لإزاحة جزيئات الوسط في الإتجاه السالب.**
* **طول الموجة المستعرضة:** **المسافة بين أي قمتين أو قاعين متتاليين أو ضعف المسافة بين أي قمة والقاع التالي لها.**

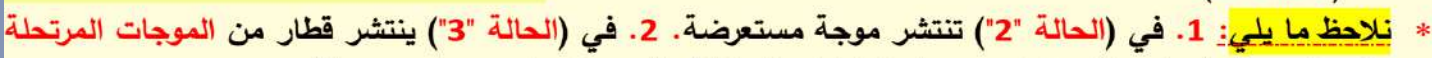


* يمكن تكوين موجة مستعرضة بواسطة حبل طويل مشدود كما يلي:

1. نثبت أحد طرفي حبل طويل مشدود في حائط، والطرف الآخر مشدود باليد كما بالشكل المقابل (الحالة "1").



2. نحرك اليد لأعلى لعمل قمة (نبضة موجبة) ثم لأسفل لعمل قاع (نبضة سالبة) كما بالشكل المقابل (الحالة "2").
3. نحرك اليد لأعلى ولأسفل بشكل مستمر كما بالشكل المقابل (الحالة "3").



* نلاحظ ما يلي: 1. في (الحالة "2") تنتشر موجة مستعرضة. 2. في (الحالة "3") ينتشر قطار من الموجات المرتحلة
* يمكن استبدال الحبل بملف زنبركي وتكرار الخطوات السابقة والحصول على موجات مرتحلة.
* الشغل الذي يبذله المصدر المهتز (اليد أو مولد الذبذبات) على الوتر (الحبل) ينتقل على هيئة:

1. طاقة وضع تتمثل في شد الوتر (الحبل). 2. طاقة حركة تتمثل في اهتزاز الوتر (الحبل) لأعلى ولأسفل.

* **الموجة المرتحلة:** موجة تنتشر على طول حبل مشدود طرفه البعيد مثبت؛ وذلك عند جذب طرفه الحر رأسياً لأعلى لعمل نبضة، ثم لأسفل لعمل نبضة آخرى.

**التمثيل البياني للموجات المستعرضة**

* تمثل العلاقة بين الإزاحة الرأسية للموجة المستعرضة والمسافة الأفقية التي تقطعها أو الإزاحة والزمن بمنحنى جيبى كما بالشكل المقابل.
* من الشكل السابق نجد أن:

- المسافة (A) تمثل سعة الموجة. - الزمن (T) وهو زمن حدوث موجة كاملة (الزمن الدوري).
- النقطتان b، c تتحركان بنفس الطور (لهما نفس الإتجاه ومتتاليتان).
- المسافة بين b، c تساوي الطول الموجي؛ الذي يرمز له بالرمز (λ) وينطق (لمدا).
- يتعين الطول الموجي (λ) من العلاقة التالية: $\lambda = \frac{x}{n}$

حيث "x": المسافة الكلية، "n": عدد الموجات الكاملة، ويقاس الطول الموجي بوحدات الطول (m - cm ....).

* **الطول الموجي:** المسافة بين أي نقطتين متاليتين في اتجاه انتشار الموجة ولهما نفس الطور (نفس الإتجاه والإزاحة)، أو المسافة التي تقطعها الموجة خلال زمن دوري واحد.

- يتعين التردد (υ) من العلاقة التالية: $\upsilon = \frac{n}{t}$

حيث "n": عدد الموجات الكاملة، "t": الزمن بالثانية، ويقاس التردد بالهرتز (Hz) ويعادل موجة/ثانية.

* **التردد:** عدد الموجات التي تمر بنقطة معينة في مسار الحركة الموجية في زمن قدره 1 s، أو عدد الأطوال الموجية التي تقطعها الموجة المنتشرة في اتجاه معين في 1 s.

## 2 الموجات الطولية




* عند اهتزاز زنبرك بإستمرار فإن مجموعة من التضاغطات والتخلخلات تنتقل على طول الزنبرك؛ وتمثل موجة تنتشر في نفس اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط (الزنبرك) تسمى **الموجة الطولية**.
* **التضاغط:** منطقة تتقارب فيها جزيئات الوسط المهتزة من بعضها.
*
* **التخلخل:** منطقة تتباعد فيها جزيئات الوسط عن بعضها.
*
* **النبضة:** اضطراب فردي على شكل نصف موجة مثل قمة أو قاع أو تضاغط أو تخلخل.
*
* **الموجة الطولية:** موجة يكون فيها اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط حول مواضع اتزانها على نفس خط انتشار الحركة الموجية.
*
* **طول الموجة الطولية:** المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو تخلخلين متتاليين، أو مجموع طولي تضاغط وتخلخل متتاليين.




### التمثيل البياني للموجة الطولية

* تمثل العلاقة بين الإزاحة الرأسية للموجة الطولية والمسافة الأفقية التي تقطعها أو الإزاحة والزمن بمنحنى جيبى كما بالشكل المقابل.

* ينطبق على هذا التمثيل نفس القوانين والمفاهيم الخاصة بتمثيل الموجة المستعرضة بيانياً.

* **القمة** في الموجة المستعرضة تقابل **التضاغط** في الموجة الطولية، و**القاع** في الموجة المستعرضة يقابل **التخلخل** في الموجة الطولية.

مقارنة بين الموجة الطولية والموجة المستعرضة

| | الموجة الطولية | الموجة المستعرضة |
|---|---|---|
| شكل الموجة | تضاغط λ تخلخل λ | قمة λ قاع λ |
| اتجاه اهتزاز جزيئات الوسط | على نفس خط انتشار الموجة | عمودياً على خط انتشار الموجة |
| التكوين | تضاغطات وتخلخلات | قمم وقيعان |
| الطول الموجي | المسافة بين مركزي أي تضاغطين متتاليين أو مركزي أي تخلخلين متتاليين | المسافة بين أي قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين |
| أماكن حدوثها | في الغازات والسوائل والجوامد | في السوائل والجوامد غالباً |
| أمثلة | * موجات الصوت في الغازات.<br>* الموجات في باطن الماء. | * الموجات على سطح الماء.<br>* الموجات المنتشرة في الأوتار. |

انتشار الموجات الميكانيكية في الأوساط

| الحالة | نوع الموجات |
|---|---|
| الصلبة | موجات مستعرضة وطولية، لكن سرعة الموجات الطولية أكبر |
| السائلة "الماء" | غالباً موجات مستعرضة عند السطح، وموجات طولية أسفل السطح أو عند القاع |
| الغازية | موجات طولية |

## ثانياً الموجات الكهرومغناطيسية

مجال كهربي متذبذب
Y
مجال مغناطيسي متذبذب
X
اتجاه انتشار الموجة

* **النشأة: تنشأ عن اهتزاز مجالين متعامدين أحدهما كهربي والآخر مغناطيسي، وكلاهما عمودي على اتجاه انتشار الموجة.**
* **وسط الإنتشار: تنتشر خلال الأوساط المادية وغير المادية (الفراغ).**
* **أمثلة:**

**(موجات الراديو - الموجات الدقيقة "موجات الميكروويف" - الأشعة تحت الحمراء - الضوء المرئي "المنظور" - الأشعة فوق البنفسجية - الأشعة السينية - أشعة جاما).**

* **الموجات اللاسلكية (مثل: موجات الراديو والتلفزيون والتليفون المحمول)؛ حيث:**
  - **يتحول الصوت أو الصورة إلى موجات يستقبلها الهوائي (الإريال) في الجهاز.**
  - **تتحول هذة الموجات إلى إشارات كهربية في جهاز الإستقبال ثم إلى صوت أو صورة.**
* **الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة فقط.**

## تدريبات "الحركة الموجية"

1. في حالة موجة ماء تنتشر على سطح بحيرة ساكنة بواسطة حجر، فإن هذه الموجة تنتشر في ..................

أ. اتجاه واحد بسرعة متزايدة. ب. اتجاهين متضادين بسرعتين مختلفتين.

جـ. جميع الإتجاهات بنفس السرعة. د. جميع الإتجاهات بسرعة متزايدة.

2. ثقل معلق في قطعة من الفين تطفو على سطح الماء كما بالشكل، عند مرور موجة على سطح الماء في الإتجاه من X إلى Y، في أي اتجاه تتحرك قطعة الفلين؟ ..................

أ. يميناً ويساراً. ب. لأعلى ولأسفل. جـ. من X إلى Y. د. من X إلى Y.

3. حبل أفقي ربط أحد طرفيه في الفرع السفلي لشوكة رنانة أفقية ثم طرق فرع الشوكة السفلي فأحدثت الشوكة اضطرابين أحدهما في الحبل والآخر في الهواء مكونة موجات ميكانيكية نوعها ..................

| | في الحبل | في الهواء |
|---|---|---|
| أ | طولية | مستعرضة |
| ب | طولية | طولية |
| جـ | مستعرضة | مستعرضة |
| د | مستعرضة | طولية |

4. في حالة وجود ناقوسين من الزجاج أحدهما يحتوي على هواء والآخر مفرغ من الهواء، أي منهما يمكن سماع صوت المنبه الموضوع داخله؟ ..................

أ. الناقوس الأول. ب. الناقوس الثاني. جـ. الناقوس الأول والثاني. د. لا توجد إجابة صحيحة.

5. يمر قطار من الموجات على سطح ماء بحيرة كما بالشكل المقابل، ما المستوى الذي يستقر عليه سطح الماء بعد انتهاء مرور الموجات؟ ..................



أ. A. ب. B. جـ. C. د. D.

6. في إحدى الأيام الممطرة عندما يلاحظ طفل ظاهرة البرق والرعد فإنه ..................

أ. يرى ضوء البرق قبل سماع صوت الرعد. ب. يرى ضوء البرق بعد سماع صوت الرعد.

جـ. يرى ضوء البرق ويسمع صوت الرعد في نفس اللحظة. د. لا يمكن تحديد الإجابة.

7. زيادة سعة الموجة المنتشرة في وسط ما يؤدي إلى زيادة ..................

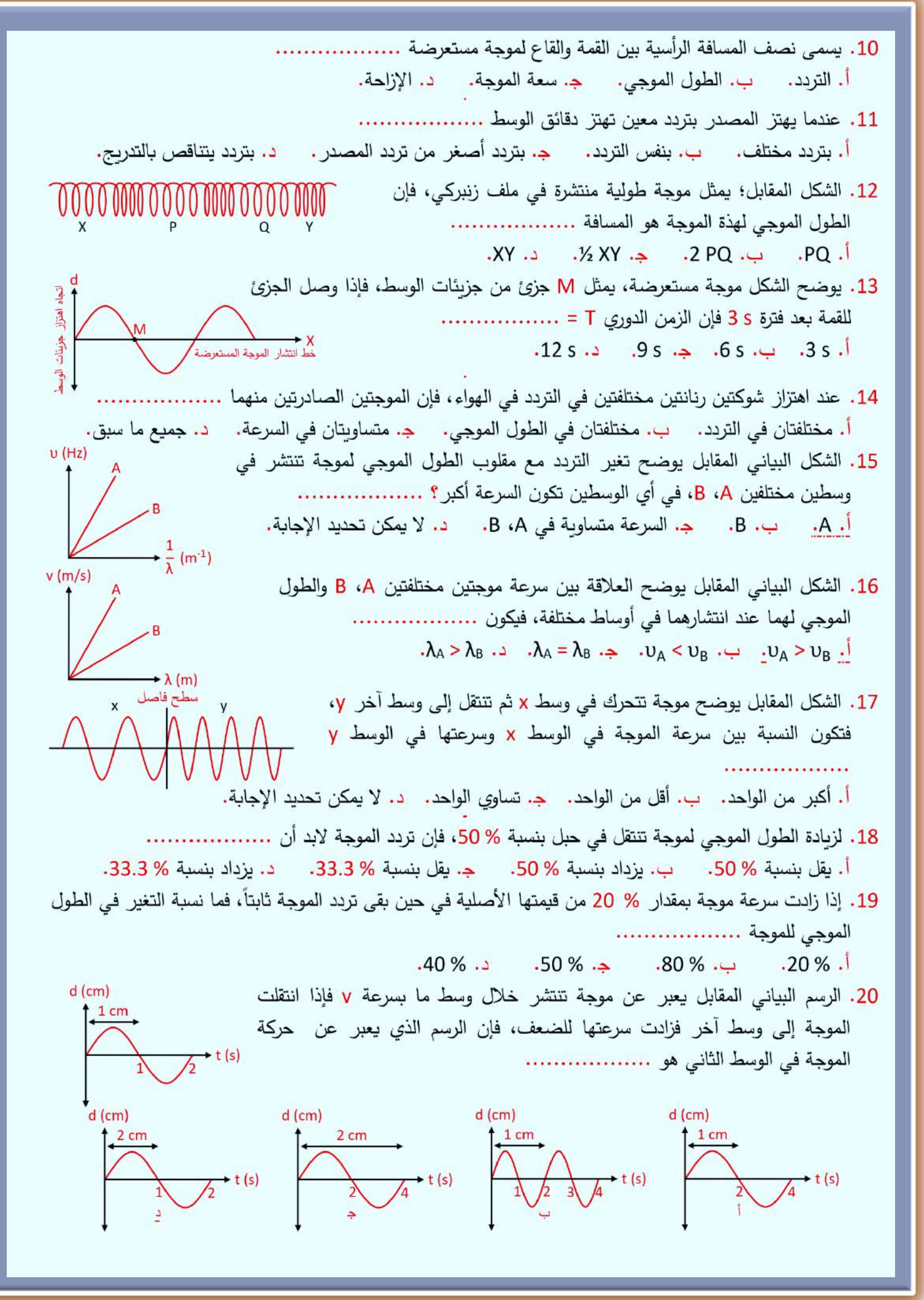
أ. السرعة. ب. التردد. جـ. الشدة. د. الطول الموجي.

8. في الشكل المقابل؛ أي النقاط لها نفس الطور ..................



أ. A ، B. ب. C ، D. جـ. E ، F. د. D ، G.

9. أي الأشكال الأتية يعبر عن موجة طولية تنتشر في وسط ما؟ ..................



10. يسمى نصف المسافة الرأسية بين القمة والقاع لموجة مستعرضة ..................

أ. التردد. ب. الطول الموجي. جـ. سعة الموجة. د. الإزاحة.

11. عندما يهتز المصدر بتردد معين تهتز دقائق الوسط ..................

أ. بتردد مختلف. ب. بنفس التردد. جـ. بتردد أصغر من تردد المصدر. د. بتردد يتناقص بالتدريج.

12. الشكل المقابل؛ يمثل موجة طولية منتشرة في ملف زنبركي، فإن الطول الموجي لهذه الموجة هو المسافة ..................



أ. PQ. ب. 2 PQ. جـ. ½ XY. د. XY.

13. يوضح الشكل موجة مستعرضة، يمثل M جزئ من جزيئات الوسط، فإذا وصل الجزئ للقمة بعد فترة 3 s فإن الزمن الدوري T = ..................



أ. 3 s. ب. 6 s. جـ. 9 s. د. 12 s.

14. عند اهتزاز شوكتين رنانتين مختلفتين في التردد في الهواء، فإن الموجتين الصادرتين منهما ..................

أ. مختلفتان في التردد. ب. مختلفتان في الطول الموجي. جـ. متساويتان في السرعة. د. جميع ما سبق.

15. الشكل البياني المقابل يوضح تغير التردد مع مقلوب الطول الموجي لموجة تنتشر في وسطين مختلفين A، B، في أي الوسطين تكون السرعة أكبر؟ ..................



أ. A. ب. B. جـ. السرعة متساوية في A، B. د. لا يمكن تحديد الإجابة.

16. الشكل البياني المقابل يوضح العلاقة بين سرعة موجتين مختلفتين A، B والطول الموجي لهما عند انتشارهما في أوساط مختلفة، فيكون ..................



أ. $\upsilon_A > \upsilon_B$. ب. $\upsilon_A < \upsilon_B$. جـ. $\lambda_A = \lambda_B$. د. $\lambda_A > \lambda_B$.

17. الشكل المقابل يوضح موجة تتحرك في وسط x ثم تنتقل إلى وسط آخر y، فتكون النسبة بين سرعة الموجة في الوسط x وسرعتها في الوسط y ..................



أ. أكبر من الواحد. ب. أقل من الواحد. جـ. تساوي الواحد. د. لا يمكن تحديد الإجابة.

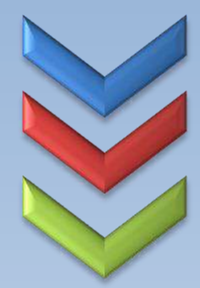
18. لزيادة الطول الموجي لموجة تنتقل في حبل بنسبة 50 %، فإن تردد الموجة لابد أن ..................

أ. يقل بنسبة 50 %. ب. يزداد بنسبة 50 %. جـ. يقل بنسبة 33.3 %. د. يزداد بنسبة 33.3 %.

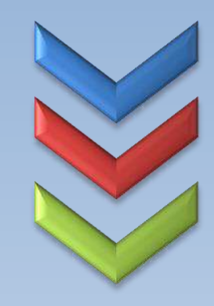
19. إذا زادت سرعة موجة بمقدار 20 % من قيمتها الأصلية في حين بقى تردد الموجة ثابتاً، فما نسبة التغير في الطول الموجي للموجة ..................

أ. 20 %. ب. 80 %. جـ. 50 %. د. 40 %.

20. الرسم البياني المقابل يعبر عن موجة تنتشر خلال وسط ما بسرعة v فإذا انتقلت الموجة إلى وسط آخر فزادت سرعتها للضعف، فإن الرسم الذي يعبر عن حركة الموجة في الوسط الثاني هو ..................



# الفصل الثانى: الضـوء



1) الضوء أحد صور الطاقة التى لا يستغنى عنها الانسان .

2) الضوء هو الذى يسبب رؤية الأجسام والمرئيات ويمكن أن يتحول إلى صورة أخرى من الطاقة.

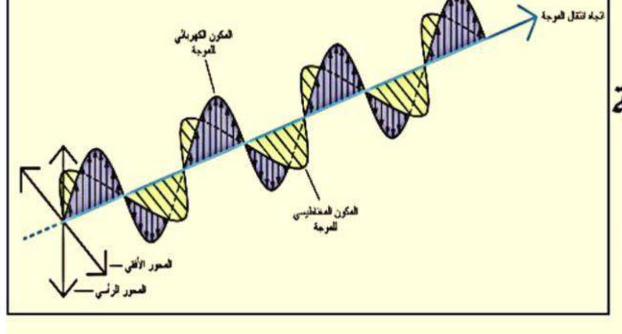
3) الضوء له طبيعة موجية فهو يخضع لظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود .

4) يختلف الضوء عن الصوت أنه لا يحتاج لوسط مادى لانتشاره .

5) الضوء جزء من مدى واسع من الموجات تسمى الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر جميعها بسرعة ثابتة فى الفراغ قدرها $3\times10^8$ m/s وتختلف فى التردد معطية الطيف الكهرومغناطيسى

6) يشمل الطيف الكهرومغناطيسى على سبيل المثال موجات الراديو – الأشعة تحت الحمراء – الضوء المنظور – الأشعة فوق البنفسجية – الأشعة السينية – أشعة جاما جميعها لها خواص مشتركة .

❖ خواص الموجات الكهرومغناطيسية :




1- تنتشر فى الفراغ بنفس السرعة.

2- جميعها أمواج مستعرضة.

3- لها طبيعة واحدة من حيث أنها موجات كهرومغناطيسية

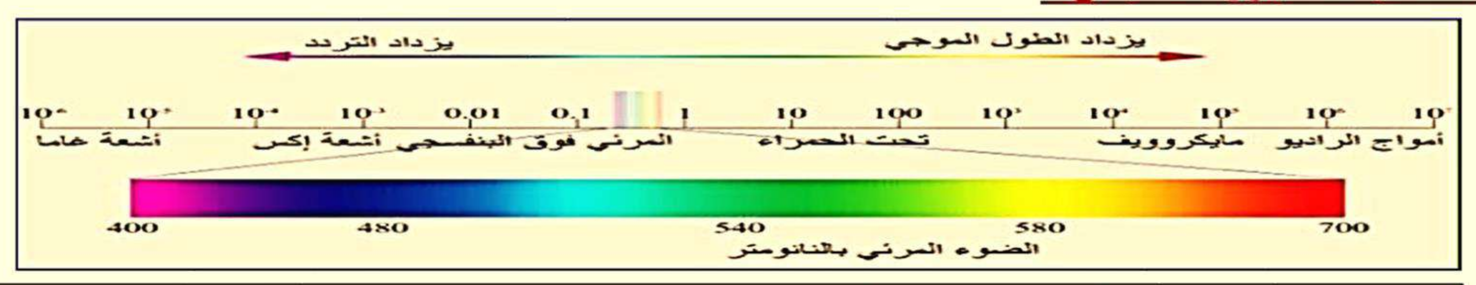
4- الموجات الكهرومغناطيسية تتكون من مجالات كهربية ومغناطيسية مهتزة بتردد $\upsilon$ ومتفقة فى الطور ومتعامدة بعضها على بعض ومتعامدة على اتجاه انتشارها من ناحية أخرى فهى بذلك موجات مستعرضة.

5- لها قدرة على النفاذ تختلف حسب ترددها كلما زاد التردد زادت القدرة على النفاذ.

6- لها ترددات مختلفة لذلك تشمل موجات عديدة.

---

⇦ الطيف الكهرومغناطيسى:-




**س:** ما المقصود بالطيف الكهرو مغناطيسى ؟

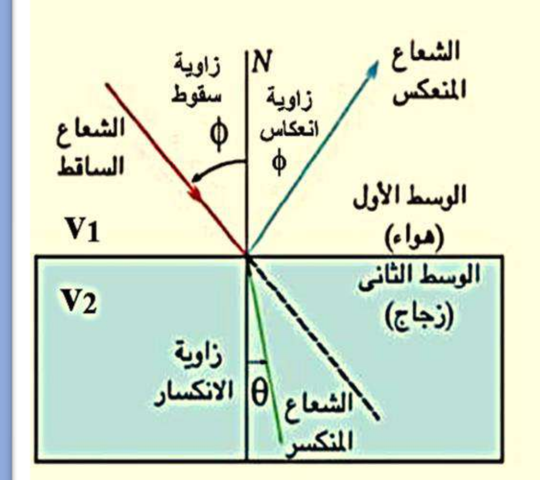
**ج:** هو توزيع الموجات الكهرومغناطيسية وترتيبها حسب طولها الموجى أو حسب ترددها تصاعدياً أو تنازلياً

–وحيث أن $c = \lambda.\upsilon$ و (c) ثابت لذلك عندما يزيد الطول الموجى $\lambda$ يقل التردد $\upsilon$

❖ انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة :

- ينبعث الضوء من المصدر الضوئى وينتشر فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات ما لم يصادفه وسط عائق حيث ينكسر أوينعكس أويمتص ويدل على هذه الحقيقة 1) تكون الظلال للأجسام 2) تكوين الصور بواسطة كاميرات التصوير.

## ❖ انعكاس الضوء وانكساره :




- ينتشر الضوء فى جميع الاتجاهات فى خطوط مستقيمة ما لم يصادفه وسط عائق .
- إذا صادفه عائق فإنه يعانى انعكاس أو انكسار أو امتصاص بنسب مختلفة حسب طبيعة الوسط العائق .
- عند سقوط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية فإن جزءاً من الضوء ينعكس و الجزء الآخر ينكسر مع اهمال الجزء الممتص .
- يقع كل من الشعاع الساقط والمنكسر والمنعكس والعمود المقام فى مستوى واحد عمودى على السطح الفاصل.

**س: علل ما يأتى:**

* يسهل رؤية صورتك المنعكسة على زجاج نافذة حجرة مضيئة ليلاً عندما يكون خارج زجاج الحجرة ظلام شديد بينما يصعب تحقيق ذلك نهاراً عندما يكون خارج الحجرة مضيئاً .

- ليلاً : عندما يكون خارج الحجرة ظلام : تكون شدة الضوء النافذة من الخارج إلى الداخل منعدمة لذلك يرى الشخص صورته بفعل الجزء القليل المنعكس من الضوء وداخل الغرفة على الزجاج
- نهاراً :عندما يكون خارج الغرفة ضوء : تكون شدة الضوء النافذة من الخارج إلى الداخل أكبر من شدة الضوء المنعكس داخل الغرفة لذلك يصعب رؤية الشخص صورته بالانعكاس

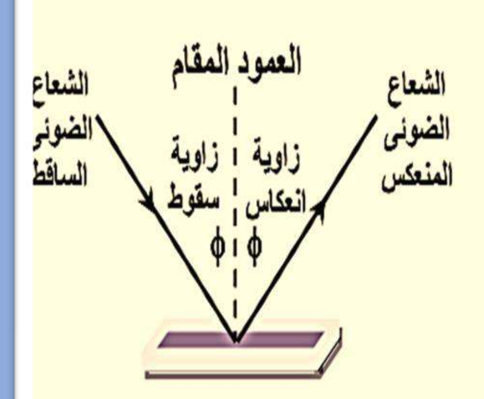
## أولاً: انعكاس الضوء

**انعكاس الضوء :** هو ارتداد الأشعة الضوئية فى نفس الوسط عندما يقابل سطحاً عاكساً لامع أملس





## قوانين انعكاس الضوء




- القانون الأول: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس .
- القانون الثانى الشعاع الضوئى الساقط والمنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها فى مستوى واحد عمودى على السطح العاكس .

> **ملحوظة:** إذا سقط شعاع عمودياً على السطح العاكس يرتد على نفسه
> وذلك لأن زاوية السقوط = زاوية الانعكاس = صفر

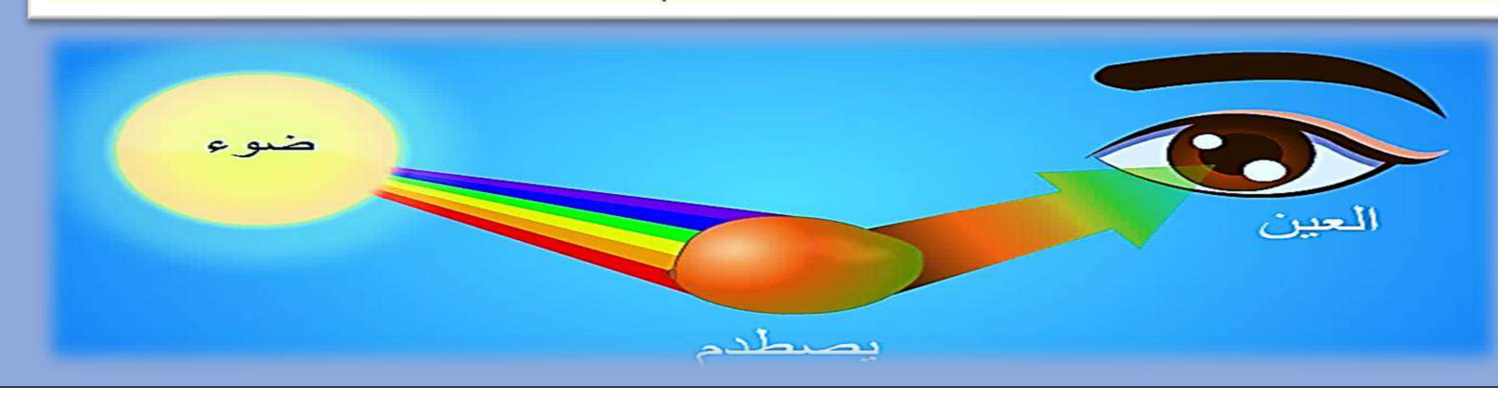
**مثال:** سقط شعاع على المرآه س كما بالشكل أوجد زاوية انعكاسه على المرآه ص مع الرسم ثم حدد اتجاه الشعاع المنعكس عن المرآه ص .

س
$30^\circ$
ص

### الحـــــل

زاوية انعكاسه على ص = $30^\circ$

س
$30^\circ$
$60^\circ$
$60^\circ$
$30^\circ$ $30^\circ$
$60^\circ$
ص



# اسئلة على انعكـــاس الضوء

**س1: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-**

1) الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ من ..........................

( اهتزاز الجسيمات – اهتزاز مجالات كهربية ومغناطيسية – اهتزاز الجسيمات المشحونة – جميع ما سبق )

2) جميع الموجات الكهرومغناطيسية المنتشرة فى الفراغ يكون لها نفس ..........................

( الاتجاه – التردد – الطول الموجى – السرعة )

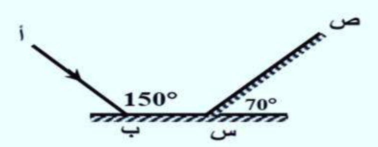
3) تختلف الموجات الكهرومغناطيسية فى ..........................

( الطول الموجى والتردد – التردد والسرعة – الطول الموجى – جميع ما سبق )

4) عندما ينعكس الضوء تكون ( زاوية السقوط أقل من زاوية الانعكاس – زاوية السقوط أكبر من زاوية الانعكاس – زاوية السقوط = زاوية الانعكاس – لا توجد إجابة صحيحة)

5) يسقط الشعاع أ ب على المرآه المستوية س فتكون زاوية إنعكاسه عن المرآه ص هى

( 60° , 50° . 70° . 30° )




6) إذا سقط شعاع ضوئى على المرآه A بحيث يكون موازياً للمرآه B كما بالشكل.

أ) ينعكس الشعاع عن المرآه A ويسقط على المرآه B بزاوية سقوط تساوى

( 0° ، 30° ، 60° ، 90° )

ب) الشعاع المنعكس عن المرآه B يسقط مرة أخرى على المرآه A بزاوية سقوط

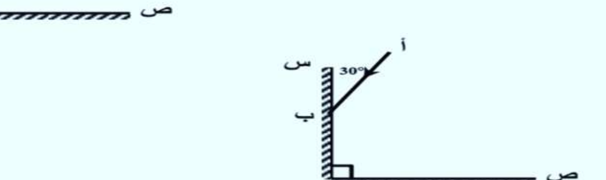
( 0° ، 30° ، 45° ، 60° )

---

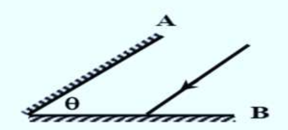
**س2: أسئلة متنوعة :**

1) الشعاع أب موازى للمرآه ص أوجد زاوية سقوط الشعاع على المرآه ص

2) سقط شعاع أب على المرآه س كما بالرسم
أوجد زاوية انعكاسه على المرآه ص مع الرسم
ثم حدد اتجاه الشعاع المنعكس عن المرآه ص .



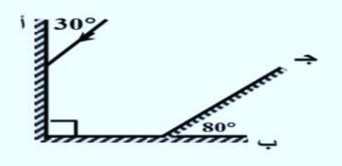

3) سقط شعاع على المرآه B موازياً المرآه A
تتبع مساره فى الحالات الآتية:



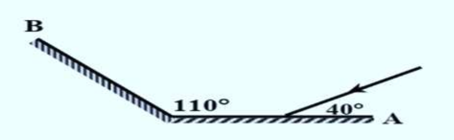




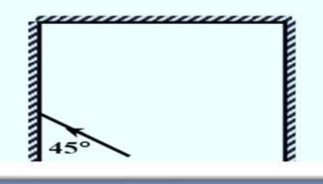
4) تتبع مسار الشعاع فى هذا الشكل الساقط على المرآه (أ)
وما زاوية انعكاسه على المرآه (جـ) إذا وصل إليها




5) فى الشكل المقابل:
تتبع مسار الشعاع الضوئى

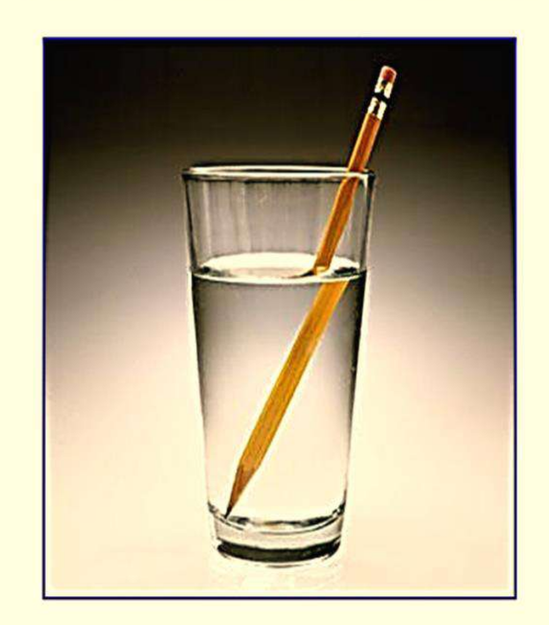


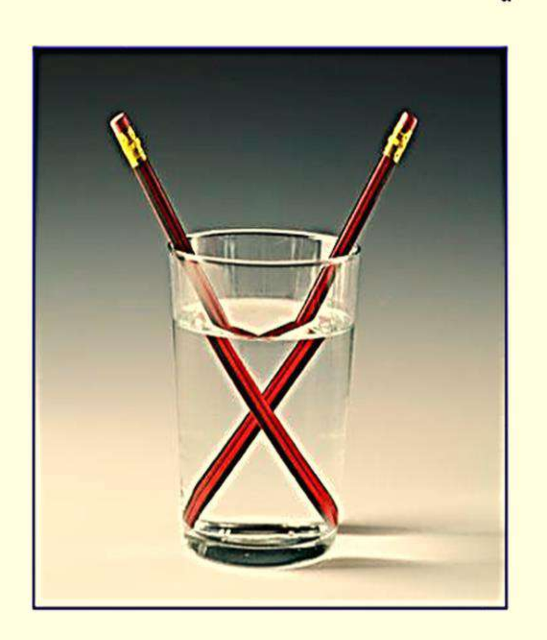

6) الشكل المقابل يوضح ثلاث مرايا مستوية تُكون ثلاث أضلاع لمربع،
تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط حتى انعكاسه عن المرايا الثلاثة



## ثانياً: انكسار الضوء

- إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط متجانس شفاف إلى وسط آخر متجانس شفاف ولكن يختلف عن الأول فى الكثافة الضوئية فإنه ينحرف عن مساره الأصلى ويقال أنه عانى انكسار أو غير اتجاهه.





**انكسار الضوء:** هو انحراف مسار الضوء عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين فى الكثافة الضوئية

**الكثافة الضوئية:** هى مقدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه.

### شروط حدوث الانكسار:

1) أن يكون الوسطين الشفافين مختلفين فى الكثافة الضوئية.

2) ألا يسقط الشعاع عمودياً على السطح الفاصل (زاوية السقوط ≠ صفر)

$V_1$ وسط 1 $\phi$

$V_2$ وسط 2 $\theta$

### ملحوظة:

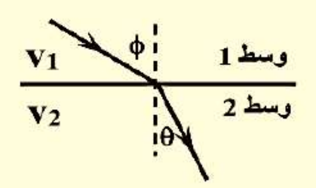
☆ لا توجد علاقة بين الكثافة الضوئية و الكثافة النوعية للمادة.

☆ إذا كان الشعاع ساقط من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية فإنه يبتعد عن العمود

☆ إذا كان الشعاع ساقط من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية فإنه يقترب من العمود

## قوانين انكسار الضوء:

- القانون الثانى:

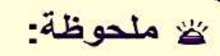



**الشعاع الضوئى الساقط والمنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعها فى مستوى واحد عمودى على السطح الفاصل .**

- القانون الأول:

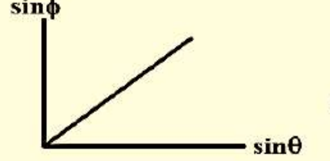
**النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى كالنسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى وهى نسبة ثابتة لهذين الوسطين ، ويطلق عليها اسم " معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول للثانى $_1n_2$ " .**

**ملحوظة:**



☆ فى الانكسار عند رسم علاقة بيانية بين $\sin\phi$ ، $\sin\theta$

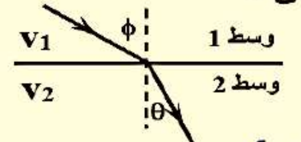
**نجد أنها خط مستقيم ميله هو " معامل الانكسار بين الوسطين "**




## تعريف معامل الانكسار النسبى للضوء بين وسطين $_1n_2$ :-

**– هو النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى .**

**– أو هو النسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعته فى الوسط الثانى .**




$$_1n_2 = \frac{v_1}{v_2}$$

$$_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

⇦ معامل الانكسار النسبى ليس له وحدة قياس { لأنه نسبة بين كميتين متماثلتين }

**س: ما معنى قولنا أن: معامل الانكسار النسبى بين الزجاج و الماء = 0.86 ؟**

**ج:** ..........................................................................................................

⇦ العوامل التى يتوقف عليها معامل الانكسار النسبى بين وسطين:

**1) الطول الموجى للضوء الساقط. 2) نوع وسط السقوط 3) نوع وسط الانكسار.**

---

**س: علل : معامل الإنكسار النسبى بين وسطين قد يكون أكبر أو أقل من الواحد .**

**ج: لأن** $_1n_2 = \frac{V_1}{V_2}$ **إذا كانت سرعة الضوء فى الوسط الأول أكبر منها فى الثانى يكون معامل الإنكسار أكبر من الواحد والعكس صحيح .**

**أو** $_1n_2 = \frac{n_2}{n_1}$ **إذا كان** $n_1 < n_2$ **أكبر من الواحد إذا كان** $n_1 > n_2$ **يكون أقل من الواحد**

---

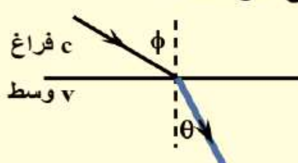
## معامل الانكسار المطلق لوسط n :-

- **سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء من الثوابت الكونية وتساوى $3\times10^8$ m/s وسرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء (c) أكبر من سرعته فى أى وسط مادى (v) . ( $v < c$ )**
- **إذا انتقل الضوء من الفراغ أو الهواء إلى أى وسط مادى فإن: النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ أو الهواء إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط تساوى النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ أو الهواء إلى سرعته فى الوسط وهى نسبة ثابتة ويطلق عليها " معامل الانكسار المطلق للوسط (n)"**

## تعريف معامل الانكسار المطلق لوسط n :-

– هو النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ إلى سرعته فى الوسط .

– أو هو النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الفراغ إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط .




$$n = \frac{c}{v}$$

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

**س: ما معنى قولنا أن: معامل الانكسار المطلق للزجاج = 1.5 ؟**

**ج:** ..........................................................................................................................

**- جدول يوضح معاملات انكسار بعض المواد:**

| الوسط المادى | معامل الانكسار | الوسط المادى | معامل الانكسار |
|---|---|---|---|
| الهواء | 1.00293 | الزجاج التاجى | 1.52 |
| الماء | 1.333 | الزجاج الصخرى | 1.66 |
| البنزين | 1.501 | الماس | 2.419 |

**علل: معامل الانكسار المطلق لوسط يكون دائماً أكبر من الواحد الصحيح .**

**ج: لأنه هو النسبة بين سرعة الضوء فى الفراغ إلى سرعته فى الوسط ودائماً سرعة الضوء فى الفراغ أكبر من سرعته فى الوسط لذا يكون معامل الانكسار المطلق لوسط أكبر من الواحد الصحيح .**

⇦ العوامل التى يتوقف عليها معامل الانكسار المطلق لوسط:

* **الطول الموجى للضوء الساقط. حيث ( $n \propto \frac{1}{\lambda}$ )**

**ملحوظة:**

☆ يختلف معامل الانكسار المطلق تبعاً للطول الموجى للضوء الساقط ولذلك يتشتت الضوء الابيض إلى مكوناته ( سبعة ألوان تختلف فى أطوالها الموجية) ويمكن ملاحظة ذلك فى فقاعات الصابون.

☆ وبالتالى يمكن استخدام ظاهرة انكسار الضوء فى تحليل حزمة ضوئية إلى مركباتها ذات





**علل: عند مرور ضوء أبيض فى فقاعة صابون فإنه يتحلل ( يتشتت إلى مكوناته ) .**

**ج: تطبيق على انكسار الضوء لاختلاف معامل الانكسار المطلق تبعاً للطول الموجى $n \propto \frac{1}{\lambda}$ فتعدد الأطوال الموجية للضوء الأبيض يتعدد معاملات الانكسار .**

➢العلاقة بين معامل الانكسار النسبى بين وسطين $_1n_2$ والمطلق لكل منهما :

1- إذا انتقل شعاع ضوئى بين وسطين معاملا انكسارهما المطلق $n_1$ ، $n_2$ فإن :

$$_1n_2 = \frac{v_1}{v_2} \rightarrow ❶$$

2- معامل الانكسار المطلق للوسط الأول $n_1 = \frac{c}{v_1}$

معامل الانكسار المطلق لللوسط الثانى $n_2 = \frac{c}{v_2}$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{c}{v_2} \times \frac{v_1}{c} = \frac{v_1}{v_2} \rightarrow ❷$$

من ❶ و ❷

$$\boxed{_1n_2 = \frac{n_2}{n_1}}$$

➢ استنتاج قانون سنل :

**س:** استنتج قانون سنل ؟

$$_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \quad , \quad _1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

$$\therefore \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

$$\therefore \quad \boxed{n_1 \times \sin\phi = n_2 \times \sin\theta}$$

**نص قانون سنل :-**

- حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق للوسط الأول فى جيب زاوية السقوط يساوى حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق للوسط الثانى فى جيب زاوية الانكسار .

**علل:** الشعاع الساقط عمودياً على السطح الفاصل لا يعانى انكساراً.

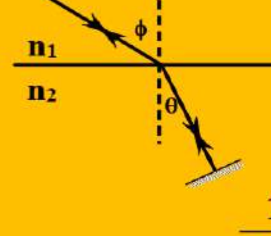
**ج:** لأنه تبعاً لقانون سنل ( $n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$ ) ، عند سقوط شعاع عمودياً على السطح الفاصل

( $\phi = 0$ ) فإن ( $n_2 \sin\theta = 0$ ) وبالتالى زاوية الانكسار ( $\theta = 0$ )

**ملحوظة:**

1) نظرية الارتداد للأشعة الضوئية.

إذا سقط شعاع ضوئى بين وسطين ثم قابل الشعاع المنكسر مرآه مستوية عمودية على الشعاع فإنه ينعكس مرتداً فى نفس مساره السابق ويكون الشعاع الساقط منعكس و الشعاع المنعكس ساقط ويكون




$$_2n_1 = \frac{\sin\theta}{\sin\phi} \quad , \quad _1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$

$$_1n_2 \times {}_2n_1 = 1 \quad , \quad _1n_2 = \frac{1}{_2n_1}$$

## قوانين حل مسائل انكسار الضوء:

(معامل الانكسار المطلق) $n = \frac{c}{v} = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$

(معامل الانكسار النسبى) $_1n_2 = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{_2n_1}$

$$_1n_2 \times {_2n_1} = 1$$

(قانون سنل) $n_1\sin\phi = n_2 \sin\theta$

- زمن تحرك الشعاع فى الوسط يحسب من العلاقة: $t = \frac{d}{v}$

حيث (d) هى الإزاحة التى قطعها و (v) سرعة الشعاع فى الوسط

### أمثلة

**مثال1:** شعاع ضوئى تردده $4 \times 10^{14}$ Hz يسقط من الهواء على السطح المستوى لقطعة من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 احسب الطول الموجى للشعاع الضوئى خلال الزجاج.
علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء $3 \times 10^8$ m/s .

**الحـــــل**

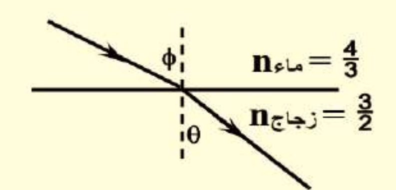
$n = \frac{c}{v}$ $\therefore 1.5 = \frac{3 \times 10^8}{v}$ $\therefore v = 2 \times 10^8$ m/s

$v = \upsilon\lambda$ $\lambda = \frac{v}{\upsilon} = \frac{2 \times 10^8}{4 \times 10^{14}} = 0.5 \times 10^{-6}$ m $\therefore \lambda = 5000$ Å

---

**مثال2:** سقط شعاع ضوئى من الماء بزاوية 60° وانكسر فى الزجاج احسب زاوية الانكسار علماً بأن معامل الانكسار المطلق للماء $\frac{4}{3}$ وللزجاج $\frac{3}{2}$ .

**الحـــــل**




$n_{ماء} \times \sin\phi = n_{زجاج} \times \sin\theta$

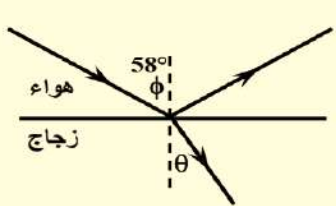
$\frac{4}{3} \times \sin60 = 1.5 \times \sin\theta$

$\therefore \theta = 50°20`$

---

**مثال3:** سقط شعاع ضوئى بزاوية سقوط 58° على سطح لوح من الزجاج معامل انكساره 1.6 فانعكس جزء منه وانكسر الجزء الآخر أوجد الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والمنكسر .

**الحـــــل**




$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$

$1.6 = \frac{\sin58}{\sin\theta}$ $\therefore \theta = 32°$

الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر = $180 - (58 + 32) = 90°$

**مثال4:** إذا سقط شعاع ضوئى على سطح لوح زجاجى معامل انكساره 1.5 بزاوية سقوط 30° أوجد:

زاوية الانكسار – سرعة الضوء فى الزجاج علماً بأن سرعة الضوء فى الفراغ $3 \times 10^8$ m/s .

الحـــــل

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta} \qquad \therefore \quad 1.5 = \frac{\sin 30}{\sin\theta} \qquad \therefore \theta = 19.47°$$

$$n = \frac{c}{v} \qquad \therefore \quad 1.5 = \frac{3 \times 10^8}{v} \qquad \therefore \quad v = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

**مثال5:** إذا كان معامل الانكسار المطلق للماء $\frac{4}{3}$ وللزجاج $\frac{3}{2}$ فأوجد :

1– معامل الانكسار النسبى من الماء للزجاج . 2– معامل الانكسار النسبى من الزجاج للماء .

الحـــــل

$${}_{\text{ماء}}n_{\text{زجاج}} = \frac{n_{\text{ماء}}}{n_{\text{زجاج}}} = \frac{4}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{8}{9} \qquad {}_{\text{زجاج}}n_{\text{ماء}} = \frac{n_{\text{زجاج}}}{n_{\text{ماء}}} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$$

**مثال6:** احسب المسافة التى يقطعها الضوء عند سقوطه من الهواء على شريحة زجاجية معامل انكسارها 1.5 فى زمن قدره نانو ثانية.

الحـــــل

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$d = v\,t = 2 \times 10^8 \times 1 \times 10^{-9} = 0.2 \text{ m}$$



# أسئلة على انكســـار الضوء

**س1: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-**

1) شعاع ضوئى يسقط على قطعة من الزجاج فينكسر فى الزجاج ، أى من المفاهيم التالية لا يتغير عندما ينكسر الشعاع الضوئى ؟ ( السرعة – التردد – الطول الموجى – الشدة )

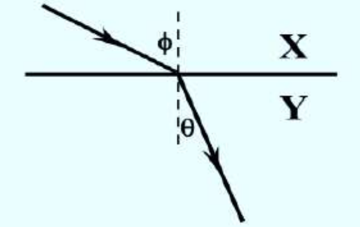
2) تختلف موجات الضوء الساقط عن المنعكس فى ..........................

(التردد – السرعة – الطول الموجى – لا يوجد إجابة صحيحة)

3) عندما ينتقل شعاع ضوئى من وسط اقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية وكانت زاوية السقوط = صفرها ، أى من الخواص التالية للضوء لا يتغير ..........................

( السعة والسرعة والطول الموجى – السعة والطول الموجى – السرعة والاتجاه – الاتجاه فقط )

4) الشكل يوضح انتقال الشعاع بين الوسطين Y,X وبذلك يكون:




(أ) $_{X}n_{Y} = \frac{\sin\theta}{\sin\phi}$

(ب) سرعة الضوء فى الوسط X أقل من سرعته فى الوسط Y

(ج) الوسط Y أكبر كثافة ضوئية من الوسط X

5) عند سقوط شعاع ضوئى على سطح الماء بزاوية 60° تكون زاوية انكساره ..........................

(أكبر من 60° – أقل من 60° – تساوى 60° – تساوى 0° )

6) عند زيادة زاوية السقوط على السطح الفاصل بين وسطين للضعف ، فإن معامل الانكسار النسبى بينهما (يقل للنصف – يزداد للضعف – يظل ثابت – يزداد بمقدار الضعف)

7) النسبة بين معامل انكسار اللون الأحمر إلى معامل إنكسار اللون الأزرق .......... الواحد الصحيح

(أكبر من – أقل من – تساوى)

8) معامل الانكسار المطلق للهواء (أقل – أكبر – يساوى) من الواحد

9) عند سقوط شعاع ضوئى بزاوية صفر على سطح الماء فإن:

(أ) سرعته تزداد وطوله الموجى يقل وتردده يظل كما هو.

(ب) سرعته لا تتغير واتجاه لا يتغير وتردده لا يتغير.

(ج) سرعته تزداد وطوله الموجى يزداد وتردده يزداد.

(د) سرعته تقل وطوله الموجى يقل وتردده يظل كما هو.

10) النسبة بين زاوية سقوط شعاع ضوئى مار فى الزجاج n = 1.5 إلى زاوية انكساره فى الماء n = 1.33 ( أقل ، أكبر ، تساوى ) الواحد

11) النسبة بين معامل انكسار الضوء الأحمر إلى معامل الانكسار للضوء البنفسجى ........الواحد الصحيح

( أقل ، أكبر ، تساوى )

12) إذا سقط شعاع ضوئى على سطح متوازى مستطيلات بزاوية سقوط تساوى $60°$ وكان معامل الانكسار المطلق للزجاج $\sqrt{3}$ فإن زاوية الانكسار الضوء تساوى ........................

( $90°$ ، $60°$ ، $45°$ ، $30°$ )

13) شعاع ضوئى يسقط على سطح فاصل بين وسطين فإذا كانت زاوية السقوط $60°$ وزاوية الانكسار $30°$ فإن معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول إلى الوسط الثانى يساوى ..................

( $\frac{1}{2}$ - $\sqrt{2}$ - $\sqrt{3}$ - 2 )

14) إذا علمت أن معامل الانكسار المطلق للبنزين $n_1 = 1.5$ ومعامل الانكسار المطلق للزجاج الصخرى $n_2 = 1.65$ فإن معامل الانكسار النسبى بين البنزين والزجاج الصخرى $_1n_2$ يساوى

( 1.5 – 1.25 – 1.1 – 0.91 )

15) يسقط شعاع ضوئى بميل من مادة معامل انكسارها 1.2 على السطح الفاصل مع مادة معامل انكسارها 1.5 فإن:

(أ) سرعته تزداد وينكسر مقترباً من العمود　　(ب) سرعته تقل وينكسر مقترباً من العمود

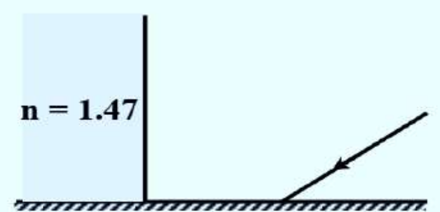
(ج) سرعته تق وينكسر مبتعداً عن العمود　　(د) سرعته تزداد وينكسر مبتعداً عن العمود

16) يسقط شعاع ضوئى من الهواء على السطح الفاصل مع الزجاج بزاوية $52°$ فانحرف مساره بمقدار $19°$ فيكون معامل انكسار الزجاج ( 1.65 – 1.45 – 1.33 – 0.83 )




17) الشكل المقابل يوضح شعاع ضوئى يسقط من الوسط (1) على السطح الفاصل مع الوسط (2) فيكون معامل الانكسار النسبى من الوسط (1) إلى الوسط (2) هو ..................

( 1.22 – 1.34 – 1.48 – 1.52 )




18) الشكل المقابل يوضح لوح زجاجى موضوع عمودياً على سطح مرآة مستوية ، فإذا سقط شعاع ضوئى بزاوية $50°$ على سطح المرآه ، فإن زاوية انكساره فى الزجاج تكون ..................

( $25.9°$ – $35.8°$ – $47.2°$ – $51.6°$ )

س2: **مسائل :-**

1) سقط شعاع ضوئى على سطح لوح زجاجى معامل انكساره 1.5 بزاوية سقوط $30°$ فاحسب زاوية الانكسار [ 19°28` ]

2) ما طول موجة الضوء الأخضر فى الماء علماً بأن طول موجته فى الفراغ يساوى 5600 Å ومعامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$ [ 4200 Å ]

3) شعاع ضوئى يسقط على السطح الفاصل بين وسطين فإذا كانت الزاوية بين الشعاع الساقط والسطح الفاصل$40°$ وزاوية الانكسار فى الوسط الثانى $30°$ احسب معامل الانكسار النسبى بين الوسط الأول إلى الوسط الثانى [ 1.5 ]

4) سقط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين معامل الانكسار النسبى بين الوسطين $\sqrt{3}$ فإذا كانت زاوية السقوط $60°$ فكم تكون زاوية الانكسار . [ $\theta = 30°$ ]

5) سقط شعاع على الماء بزاوية $60°$ حدد اتجاهى الشعاعين المنكسر و المنعكس علماً بأن معامل انكسار الماء 1.33 . [ 40.6 ، 60° ]

6) سقط شعاع ضوئى على سطح سائل وكانت زاوية ميل الشعاع على السطح الفاصل $30°$ فانحرف الشعاع عن مساره بزاوية $30°$ احسب من ذلك كمعامل انكسار السائل [ $\sqrt{3}$ ]

7) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه متوازى مستطيلات زجاجى معامل انكساره $\sqrt{2}$ فخرج الشعاع بزاوية $45°$ أوجد كل من زاوية الانكسار و السقوط . [ 45 ، 30 ]

8) سقط شعاع ضوئى على سطح لوح زجاجى فانعكس جزء منه وانكسر جزء آخر فوجد أن الزاوية المحصورة بين الشعاعين المنعكس والمنكسر $90°$ فإذا كانت زاوية السقوط $55°$ فأوجد معامل انكسار الزجاج [ 1.4 ]

9) إذا كان معامل انكسار الكحول 1.36 ومعامل انكسار الزجاج 1.6 فكم يكون معامل الانكسار النسبى من الكحول للزجاج . [ 1.176 ]

10) شعاع ضوئى تردده $4 \times 10^{14}$ Hz يسقط من الهواء على السطح المستوى لقطعة من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 احسب الطول الموجى للشعاع الضوئى خلال الزجاج علماً بأن سرعة الضوء فى الهواء $3 \times 10^{8}$ m/s

## ❖ تداخل الضوء :

✍ **تعريف تداخل الضوء :** هو ظاهرة تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين وينتج عنها تقوية فى شدة الضوء فى بعض المواضع "هدب مضيئة" وانعدام لشدة الضوء فى مواضع أخرى "هدب مظلمة"

✍ **تعريف المصادر المترابطة :-** هى مصادر تكون أمواجها متساوية التردد والسعة ولها نفس الطور.

✍ **هدب التداخل :-** مناطق مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تنتج من تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين.

**شروط حدوث التداخل:**

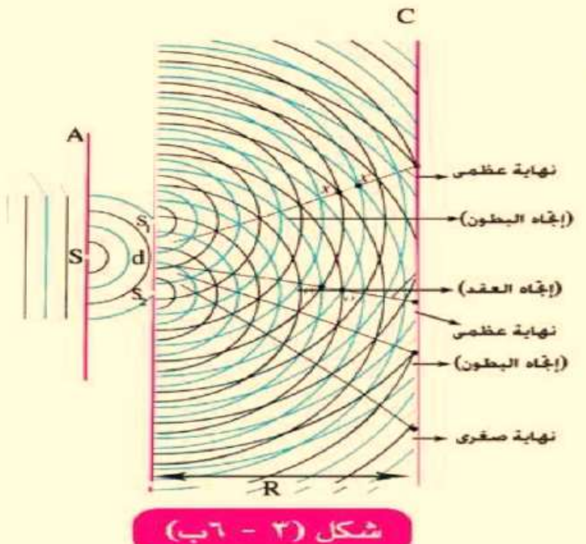
1) أن يكون كل من المصدرين الضوئيين أحادى الطول الموجى.

2) أن يكون المصدران الضوئيان مترابطان أى لهما نفس التردد والسعة والطور

### ⇦ تجربة توماس ينج ( تجربة الشق المزدوج ):-

**الغرض منها:** 1) دراسة ظاهرة التداخل فى الضوء . 2) تعيين الطول الموجى لضوء أحادى اللون .

**التجربة :-**




شكل (٣ - ٦ب)

رسم تخطيطى لتجربة يونج



شكل (٣ - ٦أ)

ظاهرة التداخل فى تجربة يونج

1) مصدر ضوئى أحادى اللون ( أى أن الطول الموجى قيمة ثابتة ) يقع على بُعد مناسب من حاجز به فتحة مستطيلة ضيقة S تمر خلالها موجات إسطوانية نحو حاجز به فتحتان مستطيلتان ضيقتان $S_1$ ، $S_2$ تعملان كشق مزدوج .

2) تقع $S_1$ ، $S_2$ على نفس صدر الموجة الإسطوانية لذلك يكون للموجات التى تصلها نفس الطور وتسلك الفتحتان المستطيلتان سلوك المصادر المترابطة .

| صدر الموجة: السطح الذى تكون جميع نقاطه لها نفس الطور وهذا السطح يكون عمودياً على اتجاه لانتشار الموجة |
|---|

3) تنتشر الحركتان الموجيتان الصادرتان من الفتحتين $S_1$ ، $S_2$ على هيئة موجات إسطوانية خلف الحاجز متخذة طريقها نحو الحائل المعد لاستقبالها C

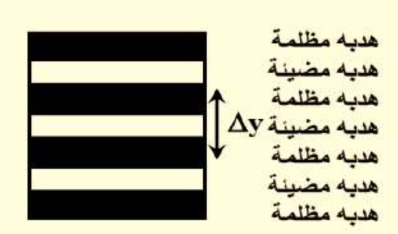
4) تتراكب موجات الحركتين الموجيتين القادمتين إليه من $S_1$ ، $S_2$ ونتيجة لهذا التراكب تظهر مجموعة التداخل التى تبدو كمجموعة من المناطق المستقيمة المتوازية وهى عبارة عن مناطق مضيئة تتخللها أخرى مظلمة تعرف باسم "هدب التداخل" .

5) المناطق التى تظهر مضيئة فى التجربة ويطلق عليها هدب مضيئة تكون نتيجة " تداخل بناء " يتقابل فيه قمة من $S_1$ مع قمة من $S_2$ أو فيه قاع من $S_1$ مع قاع من $S_2$ ويكون فرق المسير بين الموجتين المتداخلتين $= m\lambda$

6) المناطق التى تظهر مظلمة فى التجربة ويطلق عليها هدب مظلمة تكون نتيجة " تداخل هدام " يتقابل فيه قمة من $S_1$ مع قاع من $S_2$ أو فيه قاع من $S_1$ مع قمة من $S_2$ ويكون فرق المسير $= \lambda\ (m + \frac{1}{2})$

- **المسافة بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد $\Delta y$**

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$




حيث $(\lambda)$:- طول الموجة ، $(d)$:- المسافة بين الشقين

$(R)$:- المسافة بين الشق المزدوج والحائل

**س: ما هى العوامل التى يتوقف عليها المسافة بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد ؟**

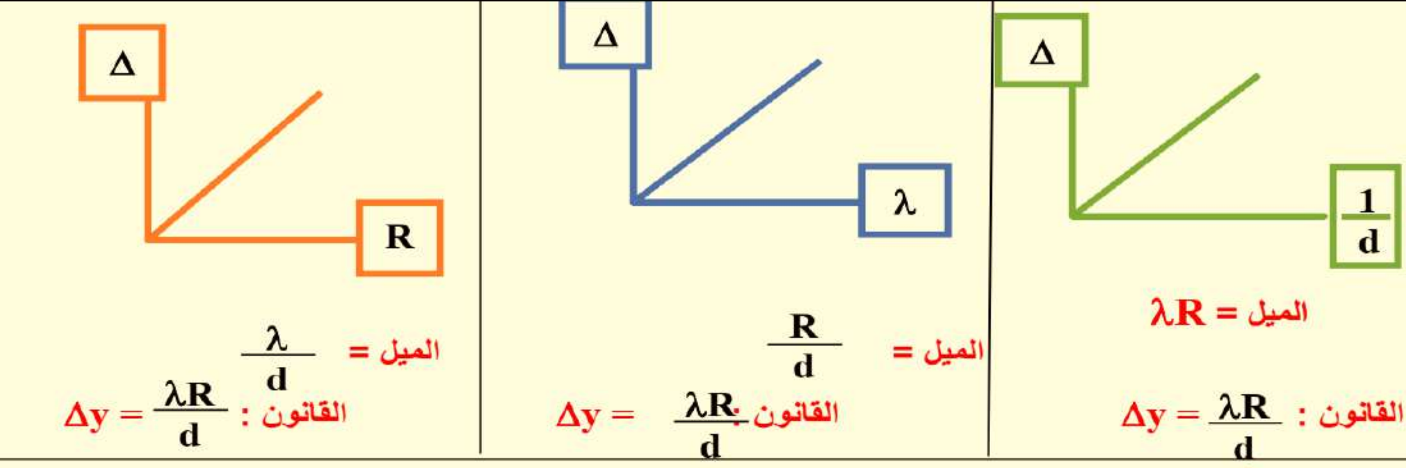
**الاجـــــابة**

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

1- الطول الموجى $\lambda$ . $\Delta y \propto \lambda$ عند ثبوت باقى العوامل .

2- البُعد بين الشقين $d$ . $\Delta y \propto \frac{1}{d}$ عند ثبوت باقى العوامل .

البُعد بين الشق المزدوج و الحائل $R$ $\Delta y \propto R$ عند ثبوت باقى العوامل .




**س: ما وظيفة كل من :-**

1) الحاجز ذو الشق المزدوج . 2) الحائل فى تجربة ينج

**الإجـــــابة**

1) الحاجز ذو الشق المزدوج تنفذ منه أمواج الضوء لها تردد وطور واحد ( يعمل عمل مصدران مترابطان )

2) الحائل يستقبل عليه هدب التداخل .

**س: متى تتكون الهدبة المظلمة الأولى على الحائل ؟**

ج: عندما يكون فرق المسير بين الشعاعين الصادرين من $S_1$ ، $S_2 = \frac{1}{2}\lambda = \Delta r$ .

## س: علل ما يأتى :

1) تكون الهدبة المركزية فى تجربة ينج هدبة مضيئة .

– لأنها تنتج من تراكب أو تداخل موجتين لهما نفس الطور والسعة والتردد وفرق المسير = صفر فيحدث تداخل بنائى

2) فى تجربة الشق المزدوج لينج يزداد وضوح التداخل كلما قلت المسافة بين الشقين .

– يتناسب المسافة بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد $\Delta y$ تناسباً عكسياً مع المسافة بين الشقين $\Delta y \propto \frac{1}{d}$ من العلاقة $\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$ عند ثبوت باقى العوامل .

3) يستعمل ضوء أُحادى اللون فى تجربة الشق المزدوج

– لأن الضوء أُحادى اللون له قيمة واحدة ثابتة للطول الموجى $(\lambda)$

4) يستعمل اللون الأحمر فى تجربة ينج

– لأنه يتميز بكبر طوله الموجى فيزداد وضوح التداخل حيث $\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$

5) عند نفاذ الضوء من شق ضيق مزدوج على بُعدين متساويين من مصدر أُحادى اللون نشاهد هدب مضيئة وأخرى مظلمة على حائل أبيض على بُعد مناسب .

– لأن الشق الضيق $S_1$ ، $S_2$ يعتبران مصدرين مترابطين يحدث للأشعة الصادرة منهما تداخل على الحائل المعد لذلك فإذا كان فرق المسير = 0 تتكون هدب مضيئة مركزية وإذا كان عدد صحيح من الأطوال الموجية تتكون أيضاً هدب إضاءة وإذا كان فرق المسير $\frac{1}{2}\lambda$ أو $1\frac{1}{2}\lambda$ وهكذا تتكون هدب إظلام لحدوث تداخل هدمى .

**ملحوظة هامة:**

- $\Delta y$ هى المسافة بين هُدبتين متتاليتين من نفس النوع
- أما المسافة بين هُدبة مضيئة والهُدبة المظلمة التى تليها فتساوى $\frac{1}{2}\Delta y$
- أما إذا أعطى مسافة من هُدبة مضيئة وهُدبة مضيئة أخرى فتحسب من العلاقة: $\Delta y = \frac{X}{N}$
  حيث N هى عدد الأهداب و X وهى مسافة الأهداب.

## أمثلة

**مثال1:** فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين $15 \times 10^{-5}$ m وكانت المسافة بين الشق المزدوج و الحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75 m وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين هى 0.003 m احسب الطول الموجى المستخدم الأُحادى اللون بالأنجستروم .

**الحـــــل**

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d} \qquad \therefore \lambda = \frac{\Delta y\, d}{R} = \frac{15 \times 10^{-5} \times 0.003}{0.75} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\therefore \lambda = 6 \times 10^{-7} \times 10^{10} = 6000 \text{ Å}$$

**مثال2:** فى تجربة الشق المزدوج لينج كان الفاصل بين هدبتين مضيئتين للضوء الأخضر 0.275 mm حيث أن الضوء الأخضر له طول موجى 550 نانومتر وعندما استخدم ضوء أحمر ذو طول موجى 600 نانومتر أو ضوء بنفسجى 400 نانومتر حصلنا على هدب أخرى فأوجد :

1. المسافة بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد للضوء البنفسجى .
2. المسافة بين هدبتين متتاليتين من نوع واحد للضوء الأحمر .

**الحـــــل**

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

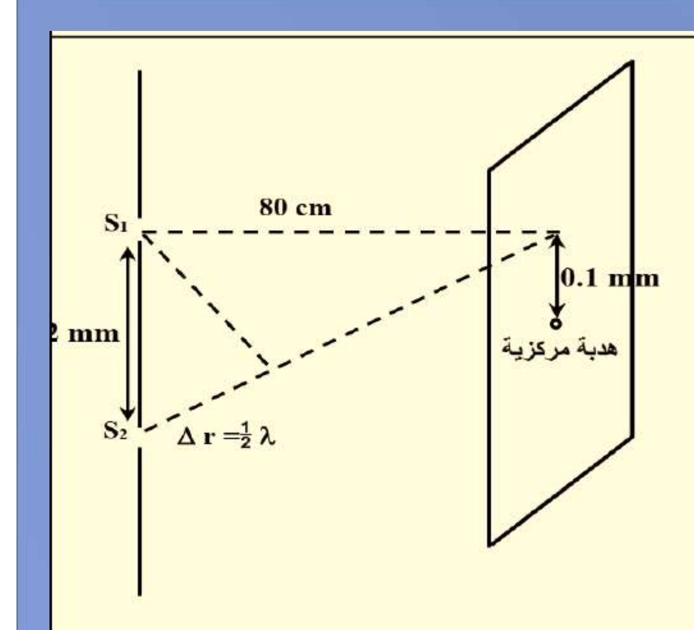
$$\therefore \quad \frac{\Delta y_{\text{أخضر}}}{\Delta y_{\text{أحمر}}} = \frac{\lambda_{\text{أخضر}}}{\lambda_{\text{أحمر}}}$$

$$\therefore \quad \frac{0.275}{\Delta y} = \frac{550}{600} \qquad \therefore \quad \Delta y = 0.3 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad \frac{\Delta y_{\text{أخضر}}}{\Delta y_{\text{بنفسجى}}} = \frac{\lambda_{\text{أخضر}}}{\lambda_{\text{بنفسجى}}}$$

$$\therefore \quad \frac{0.275}{\Delta y} = \frac{550}{400} \qquad \therefore \quad \Delta y = 0.2 \text{ mm}$$

**مثال3:** في تجربة توماس ينج الموضحة احسب الطول الموجي بالأنجستروم وتردد الضوء الأُحادى اللون المستخدم علماً بأن ( $c = 3\times 10^{8}$ )




## الحــــل

$\Delta r = \frac{1}{2}\lambda$ ( فرق المسير )

الهدبة الناتجة هى المظلمة الأولى .

∴ المسافة بين هدبة مضيئة ومظلمة تالية لها = 0.1 mm

∴ المسافة بين هدبتين من نوع واحد

$$\Delta y = 0.2 \text{ mm}$$

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

$$\therefore \lambda = \frac{\Delta y\, d}{R}$$

$$\lambda = \frac{0.2\times 10^{-3}\times 2\times 10^{-3}}{80\times 10^{-2}} = 5\times 10^{-7} \text{ m}$$

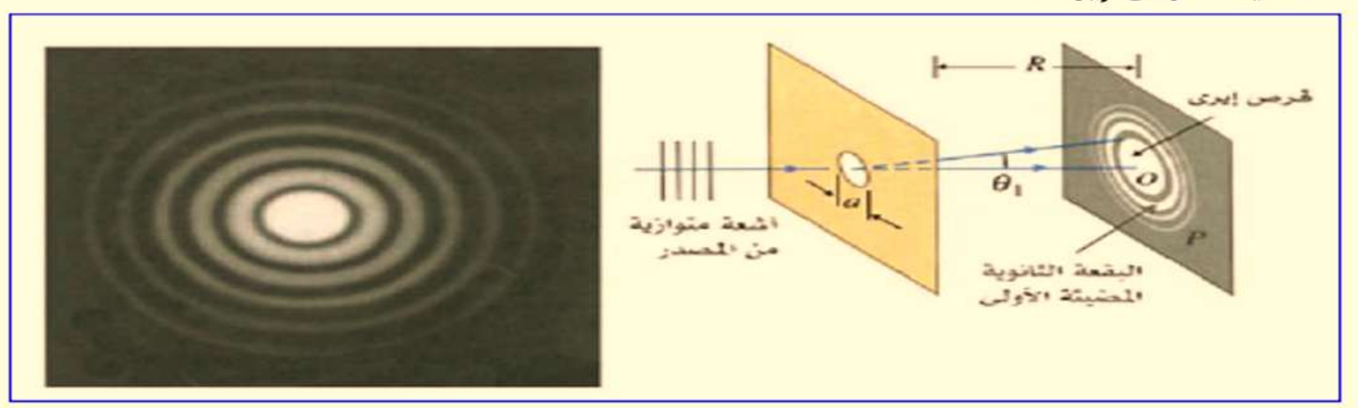
$$\therefore \lambda = 5\times 10^{-7}\times 10^{10} = 5000 \text{ Å}$$

$$\upsilon = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times 10^{8}}{5\times 10^{-7}} = 6\times 10^{14} \text{ Hz}$$

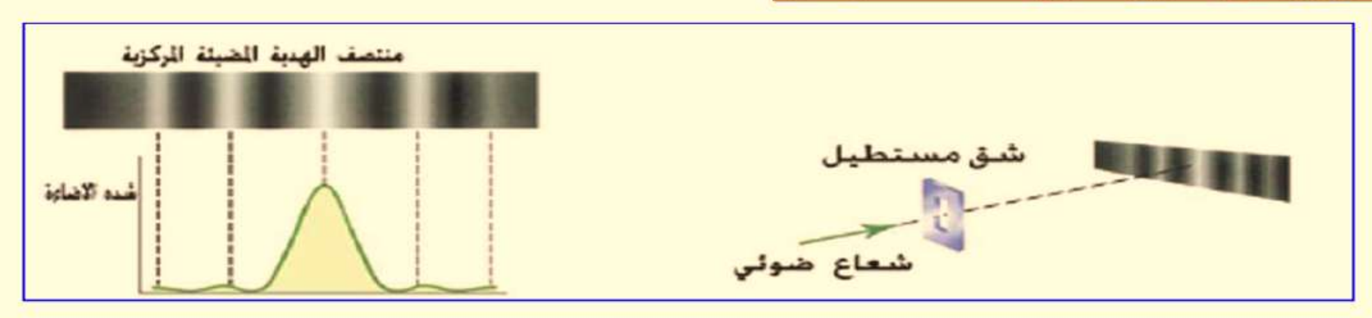
## ❖حيود الضوء :

- عند سقوط ضوء أحادى اللون على فتحة دائرية فى حاجز فإننا نتوقع تبعاً لمعلوماتنا عن انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة أن تتكون على الحائل بقعة دائرية مضيئة محددة.
- لكن دراسة البقعة المضيئة عن قرب التى تسمى " قرص إيرى " أى بدراسة توزيع الإضاءة على الحائل تظهر وجود هدب مضيئة وأخرى مظلمة .
- وذلك لأن عندما تسقط موجات الضوء أحادى اللون على فتحة دائرية فإنها: تغير اتجاه انتشارها (تحيد عن اتجاهها) و تتداخل (أو تتراكب) الموجات مع بعضها خلف الحاجز.

ويظهر على الحائل حلقات تتكون من هدب مضيئة وهدب مظلمة ويطلق على الهدبة المركزية المضيئة "قرص إيرى".




### - شكل يوضح الحيود على فتحة مستطيلة :-




- يظهر الحيود بوضوح إذا كان الطول الموجى مقارباً لأبعاد فتحة العائق والعكس صحيح .
- توزيع شدة الإضاءة على الحائل مع تتابع الهدب الناشئة عن الحيود على فتحة مستطيلة .

---

**تعريف حيود الضوء :** ظاهرة تغير مسار موجات الضوء عند مرورها خلال فتحة ضيقة مما يؤدى إلى تراكب الموجات وتكون هدب مضيئة وأخرى مظلمة.

**قرص إيرى:** بقعة دائرية مضيئة محددة تكونت على الحائل لأشعة الضوء التى حدث لها حيود ويمكن به دراسة توزيع الإضاءة.

⮪ شروط حدوث الحيود بشكل ملحوظ:

- أن يكون الطول الموجى لموجة الضوء مقارباً لأبعاد فتحة العائق.

س: متى تتكون هدب التداخل ومتى تتكون هدب الحيود ؟

ج: هدب التداخل ← عند تداخل شعاعين مترابطين قادمين من فتحتى الشق المزدوج .

هدب الحيود ← عندما يحيد الضوء ويحدث تداخل بين الموجات الثانوية لفتحة واحدة.

## س: علل مايأتى

1) لا يوجد فرق جوهرى بين نموذجى التداخل والحيود فى الضوء

– لأن كلاهما ظاهرة موجية تنشأ من تراكب للأمواج

⮪ مقارنة بين هدب التداخل والحيود فى الضوء :

| التداخـــــــــل | الحـــــــيود |
|---|---|
| 1–جميع الهدب لها نفس الاتساع "اتساعها ثابت" | 1–اتساع الهدبة المركزية مختلف غير ثابت ضعف اتساع أى هدبة أخرى. |
| 2–شدة جميع الهدب المضيئة واحدة. | 2–شدة الهدب المضيئة تختلف حيث تكون الهدب المركزية أكثر شدة. |
| 3–تنتج عن تراكب موجتين مترابطين ومتفقتين فى الاتجاه. | 3–ينتج عن تداخل أجزاء مختلفة من صدر موجة واحدة (موجات ثانوية صادرة من نقاط مختلفة فى الفتحة) |
| 4–عدد الهدب التى يمكن رؤيتها أو الحصول عليها كبير [ من 20 إلى 30 هدبة] | 4–عدد الهدب التى يمكن رؤيتها أو الحصول عليها صغير ( من 4 إلى 6 هدب) |

س: فسر العبارة التالية: ( الضوء حركة موجية ) ؟

ج: له الخصائص التالية :–

1–ينتشر فى خطوط مستقيمة.

2–ينعكس وفقاً لقانونى الانعكاس.

3–ينكسر وفقاً لقانون الانكسار.

4–يتداخل الضوء وينشأ عن التداخل تقوية لشدة الضوء فى بعض المواضع ( هدب مضيئة وانعدام شدة الضوء فى بعض المواضع ( هدب مظلمة )

5–يحيد الضوء عن مساره إذا اصطدم بعائق .

## أسئلة على تداخل وحيود الضوء

س1: **اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-**

1- عندما يمر ضوء أحادى الطول الموجى خلال شقين مستطيلين ضيقين ثم يسقط على حائل فإن الهُدب المتكونة على الحائل تنشأ بسبب (الانعكاس – الانكسار – التداخل – الامتصاص)

2- فى تجربة ينج الفرق فى مسار الشعاعين الصادرين من الفتحتين إلى الهدبة المضيئة الأولى يساوى ( $\lambda$ – $2\lambda$ – $\frac{1}{2}\lambda$ – صفر )

3- يتعين الطول الموجى $\lambda$ لأى ضوء أحادى اللون فى تجربة الشق المزدوج للعالم توماس ينج من العلاقة:

(أ) $\lambda = \frac{\Delta y R}{d}$ (ب) $R = \frac{\Delta y d}{\lambda}$ (ج) $\Delta y = \frac{\lambda d}{R}$

4- فى تجربة الشق المزدوج ليونج يزداد وضوح هُدب التداخل فى الضوء عند ..................

(أ) نقص المسافة بين الشق والحائل (ب) زيادة المسافة بين الشق والحائل

(ج) زيادة المسافة بين الشقين (د) نقص الطول الموجى للضوء أحادى اللون المستخدم

5- فى تجربة الشق المزدوج إذا كانت المسافة بين الشقين $10^{-4}$ m والمسافة بين هُدبتين متتاليتين من نفس النوع 3.75 mm ووضع حائل لاستقبال هُدب التداخل على بُعد 0.75 m من الشقين فيكون الطول الموجى للضوء المستخدم يساوى:

(أ) 5000 Å (ب) 6000 Å (ج) 5400 Å (د) 6400 Å

6- النسبة بين البُعد بين الهُدبة المركزية والهُدبة المضيئة الأولى فى تجربة يونج فى حالة استخدام الضوء الأحمر وفى حالة استخدام الضوء البنفسجى:

(أ) أكبر من الواحد (ب) أقل من الواحد (ج) تساوى الواحد (د) ألا يمكن تحديد الإجابة

7- فى تجربة الشق االمزدوج ليونج إذا كان $R = 10^4\, d$ فإن:

(أ) $\Delta y = \lambda$ (ب) $\Delta y = 10^4\, \lambda$ (ج) $\Delta y = 10^{-4}\, \lambda$ (د) $\Delta y = \lambda \div 10$

8- فى تجربة يونج إذا كان البُعد بين مركز الهُدبة المضيئة الخامسة ومركز الهُدبة المركزية هو x فإن البُعد بين مركز الهُدبة المظلمة الثانية ومركز الهُدبة المركزية هو:

(أ) $\frac{3}{10}$ x (ب) $\frac{2}{5}$ x (ج) $\frac{3}{2}$ x (د) $\frac{2}{7}$ x

9- عند استخدام ضوء أحمر بدلاً من الضوء الأخضر فى تجربة الشق المزدوج فإن عدد الهدب فى وحدة الأطوال المتكون على اللوح:

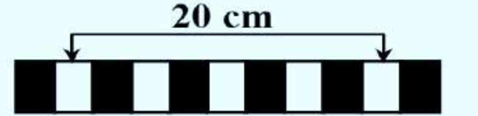
(أ) يزداد (ب) تقل (ج) يزداد ثم يقل (د) لا علاقة له بالألوان

10- عند سقوط ضوء على عدة فتحات يكون حيود الضوء أوضح ما يمكن إذا كانت أبعاد الفتحة:

(أ) 1 m (ب) $10^{-2}$ m (ج) $10^{-3}$ m (د) $10^{-5}$ m

س2: **أسئلة متنوعة :**

**فى تجربة ينج لتعيين الطول الموجى لضوء أحادى تكونت الصورة الموضحة بالشكل :**




**1- ما اسم الظاهرة الناتجة من التجربة ؟**

**2- ما اسم المناطق المتوازية المتتابعة التى ظهرت فى الصورة ؟**

**3- احسب الطول الموجى للضوء المستخدم علماً بأن البعد بين الشق المزدوج والحائل المعد لاستقبال الصورة يساوى 100 cm والمسافة بين الشقين تساوى 0.01 mm**

س3: **مسائل :-**

**1) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 0.2 m وكانت المسافة بين الشق و الحائل المعد لاستقبال الهدب 1 m وكانت المسافة بين هدبتين متتاليتين 2 mm احسب الطول الموجى بالأنجستروم**
[ $4 \times 10^6$ Å ]

**2) فى تجربة الشق المزدوج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 0.00015 m وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 0.75 m وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين هى 0.003 m احسب الطول الموجى للضوء الأحادى اللون المستخدم بالأنجستروم**

[ 6000 Å ]

**3) فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين 0.2 mm وكانت المسافة بين الشق المزدوج والحائل المُعد لاستقبال الهدب 120 cm وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 3 mm احسب الطول الموجى للضوء المستخدم الأحادى اللون بالأنجستروم .**

[ 5000 Å ]

**4) إذا كانت المسافة بين المصدرين المترابطين 1.6 mm وتكونت هُدب على حائل يبعد 60 cm عن الشق المزدوج ، وكانت الهُدبة الثالثة المضيئة على بُعد 0.6 mm من الهُدبة المركزية ، أوجد الطول الموجى للضوء المستخدم.**
[ $5.33 \times 10^{-7}$ m ]

**5) احسب تردد الضوء المستخدم فى تجربة ينج إذا كانت المسافة بين الفتحتين الضيقتين 0.00015 m والمسافة بين الحائل المُعد لاستقبال الهدب و الشق المزدوج 0.75 m وكانت المسافة بين هدبتين مُضيئتين متتاليتين 0.002 m علماً بأن سرعة الضوء فى الفراغ $3 \times 10^8$ m/s**

[ $7.5 \times 10^{14}$ Hz ]

**6) فى تجربة الشق المزدوج لينج كان الفاصل بين هدب التداخل للضوء الأخضر يساوى 0.257 mm والطول الموجى له 550 nm وعند استخدام ضوء أحمر طوله الموجى 600 nm أو ضوء بنفسجى طوله الموجى 400 nm حصلنا على هدب أخرى ... أوجد:**

**أ- المسافة بين هدب التداخل المتونة بالضوء الأحمر**

**ب- المسافة بين هدب التداخل المتكونة بالضوء البنفسجى**

## ❖ الانعكاس الكلي والزاوية الحرجة ❖





1) إذا انتقل شعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية لوسط أقل كثافة ضوئية فإنه ينكسر مبتعداً عن العمود ومقترباً من السطح الفاصل .

2) كلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الانكسار فيقترب الشعاع من السطح الفاصل تدريجياً .

3) عندما تصل زاوية السقوط فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية إلى قيمة معينة فإن الشعاع يخرج منطبقاً على السطح الفاصل أى تكون زاوية الانكسار $90°$ كما يحدث للشعاع OD وتسمى زاوية السقوط فى هذه الحالة " بالزاوية الحرجة " بين الماء والهواء ويرمز لها بالرمز $\phi_c$ .

4) الأشعة التى تسقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة تنعكس انعكاس كلى فى نفس الوسط ولا ينفذ جزء منها للوسط الآخر ( مثل الشعاع OE ) .

**لاحظ**

1- جميع الأشعة التى تسقط بزاوية أقل من الزاوية الحرجة تنكسر وتنعكس .

2- الشعاع الذى يسقط بزاوية حرجة ينكسر بزاوية $90°$ .

3- الشعاع الذى يسقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة يحدث له انعكاس كلى

**تعريف الزاوية الحرجة :-** هى زاوية سقوط للضوء فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية مقدارها $90°$ .

**تعريف الانعكاس الكلى:** هو انعكاس الأشعة الضوئية داخل الوسط الأكبر كثافة ضوئية عندما تكون زاوية سقوطها أكبر من الزاوية الحرجة للوسط الأكبر كثافة ضوئية.

⇦ **شروط حدوث الانعكاس الكلى:**

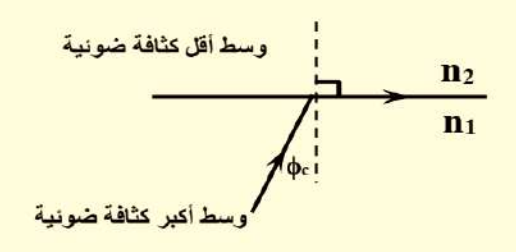
1) سقوط الأشعة من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية.

2) أن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة بين الوسطين.

## العلاقة بين الزاوية الحرجة $\phi_c$ ومعامل الانكسار بين وسطين :-

- الاستنتاج:-

- نفرض أن معامل انكسار الوسط الأكبر كثافة ضوئية $n_1$ والأقل كثافة ضوئية $n_2$ والزاوية الحرجة $\phi_c$ من الوسط الأكبر كثافة ضوئية للأقل .




∴ بتطبيق قانون سنل

$$n_1 \times \sin\phi_c = n_2 \times \sin 90$$
$$n_1 \times \sin\phi_c = n_2 \times 1$$
$$\therefore \sin\phi_c = \frac{n_2}{n_1}$$
$$\therefore \boxed{\sin\phi_c = {}_1n_2}$$

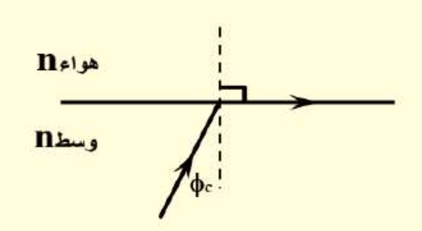
∴ معامل الانكسار النسبى من الوسط الأكبر كثافة ضوئية إلى الأقل يساوى جيب الزاوية الحرجة للضوء بينهما .

**س:** ما المقصود بأن معامل الانكسار النسبى للضوء من الزجاج للماء = 0.83 ؟

**ج:** جيب الزاوية الحرجة للضوء من الزجاج للماء = 0.83

## العلاقة بين الزاوية الحرجة $\phi_c$ ومعامل الانكسار المطلق n :-

- الاستنتاج:-




∴ بتطبيق قانون سنل

$$n_{وسط} \times \sin\phi_c = n_{هواء} \times \sin 90$$
$$n_{وسط} \times \sin\phi_c = 1 \times 1$$
$$\therefore \sin\phi_c = \frac{1}{n_{وسط}}$$
$$n_{وسط} = \frac{1}{\sin\phi_c}$$

### أمثلة

**مثال1:** إذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج 1.5 فاحسب قيمة الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء

**الحـــــل**

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.6666 \qquad \therefore \phi_c = 41°48`$$

**مثال2:** إذا كان معاملا الانكسار للزجاج والماء على الترتيب 1.6 ، 1.33 فاحسب قيمة الزاوية الحرجة لنفاذ الضوء من الزجاج للماء .

**الحـــــل**

$${}_{زجاج}n_{ماء} = \frac{n_{ماء}}{n_{زجاج}} = \frac{1.33}{1.66} = 0.83125$$

$$\sin\phi_c = {}_{زجاج}n_{ماء} = 0.83125 \qquad \therefore \phi_c = 56°13`$$

**مثال3:** إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء هى 45° احسب معامل انكسار الوسط .

**الحـــــل**

$$n_{وسط} = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin 45} = \sqrt{2}$$

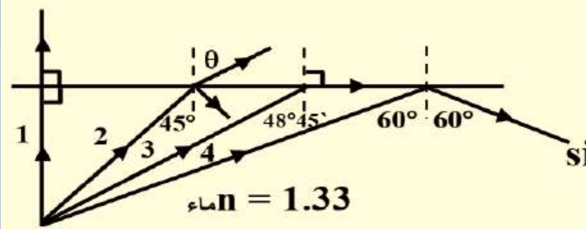
**مثال4:** اختر: إذا كان معامل الانكسار المطلق للماء $\sqrt{2}$ فإن الشعاع الذى يسقط من الماء للهواء و ينفذ إلى الهواء يكون ساقطاً بزاوية ( 55 ، 75 ، 35 ، 60 )

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad \therefore \phi_c = 45°$$

∴ يجب أن يسقط الشعاع بزاوية أقل من 45° ∴ الإجابة 35

**مثال5:** جسم نقطى موضوع فى الماء فإذا كان الوسط الذى يعلو سطح الماء هو الهواء وانطلقت أشعة من الجسم فكانت زوايا سقوط بعضها على سطح الماء هو صفر ، 45° ، 48°45` ، 60° فهل تنكسر هذه الأشعة أم تنعكس أوجد زوايا انكسارها أو انعكاسها علماً بأن معامل الانكسار المطلق للماء 1.33 .

**الحـــــل**




لاحظ ← لابد حساب ومعرفة الزاوية الحرجة

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.7518 \qquad \therefore \phi_c = 48°45`$$

الشعاع1:- يسقط عمودى فيمر دون أن يعانى انكسار .

الشعاع2:- ينكسر وينعكس حيث ينكسر بزاوية $\theta$ وينعكس جزء منه بمقدار 45° .

من قانون سنل $\quad n_{ماء} \times \sin\phi = n_{هواء} \times \sin\theta$

$$1.33 \times \sin 45 = 1 \times \sin\theta \qquad \therefore \theta = 70°7`$$

الشعاع3:- يسقط بزاوية = الزاوية الحرجة $\phi_c$ فينكسر بزاوية 90° .

الشعاع4:- يسقط بزاوية 60° أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس بزاوية 60° فى الماء انعكاس كُلى

**س: فسر ما يلى مع التعليل ؟**

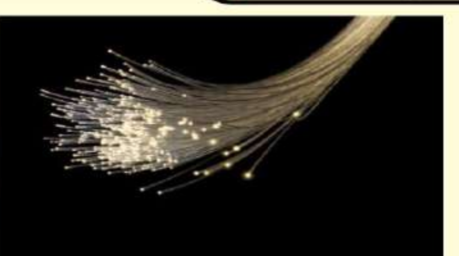
عند وضع مصدر ضوئى أزرق اللون فى مركز مكعب مصمت من الزجاج يواجه كل وجه من أوجهه الجانبية حائل أبيض – ظهرت بقعةمضيئة دائرية على كل حائل وعند استبدال مصدر الضوء الأزرق بآخر أحمر اللون تغير شكل البقعة المضيئة على الحائل من الشكل الدائرى إلى شكل المربع .

**ج:** بالنسبة للضوء الأزرق طول موجته صغير يكون معامل الانكسار له كبير $n \propto \frac{1}{\lambda}$ فتكون الزاوية الحرجة للضوء صغيرة $\sin\phi_c = \frac{1}{n}$ فعند سقوط الضوء من داخل المكعب يحدث له انعكاس كلى لمعظم الأشعة ولا يستطيع الضوء أن يصل إلى الأحرف الجانبية للمكعب لذا يظهر الضوء النافذ كبقعة دائرية مضيئة فى كل وجه أما الضوء الأحمر طول موجته كبير فيكون معامل الانكسار له صغير فتكون الزاوية الحرجة له كبيرة فينفذ معظم الضوء دون أن يعانى انعكاساً كلياً كذا يظهر الضوء النافذ من كل وجه كبقعة مربعة مضيئة حيث يستطيع الضوء أن يصل إلى جوانب المكعب وينفذ .

## ✸ تطبيقات الانعكاس الكلى :-

### أولاً:- الألياف الضوئية ( البصرية )







**تركـــــــيبها :-** هى أنبوبة رفيعة من مادة مرنة شفافة يمكن تجميعها فى حزم مكونة آلاف الألياف .

**فكرة عملها:-** إذا دخل الضوء من أحد طرفيها فإنه يعانى انعكاسات كلية متتالية لأن زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة حتى يخرج من طرفها الآخر .

**ممـــــــيزاتها :-** نقل الضوء بدون فقد يذكر عن طريق حزمة مكونة من آلاف الألياف معاً تتكون منها حزمة مرنة قابلة للإنثناء بحيث تصل إلى أماكن يصعب الوصول إليها .

---

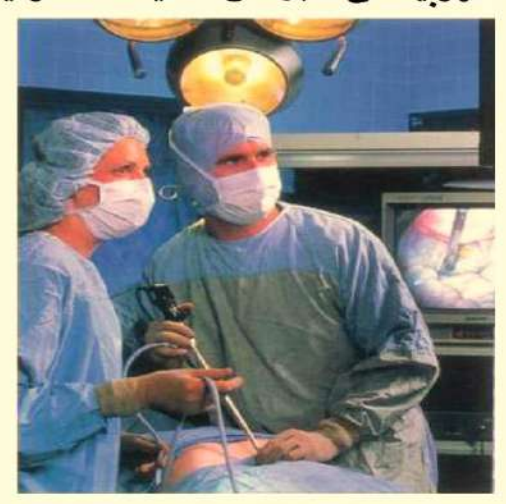
**س: اذكر استخدامات الألياف الضوئية ؟**

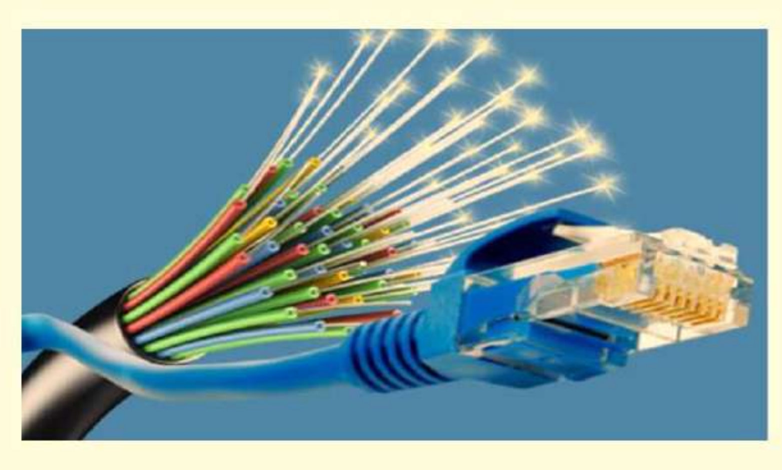
1- الوصول إلى أماكن يصعب توصيل الضوء إليها.

2- نقل الضوء فى مسارات منحنية بدون فقد يذكر فى الشدة الضوئية.

3- فى الفحوص الطبية مثل المناظير الطبية التى تستخدم فى التشخيص وإجراء العمليات الجراحية باستخدام شعاع ليزر .

4- تستخدم الألياف مع الليزر فى الاتصالات الكهربية عن طريق تحميل الضوء لملايين الاشارات الكهربية فى كابل من الألياف الضوئية .





## ثانياً :- المنشور العاكس

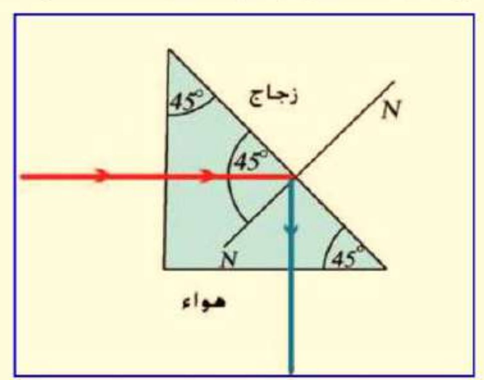
**تركـــــــيبه :-** هو منشوراً ثلاثياً من الزجاج زواياه ( 45° ، 45° ، 90° )

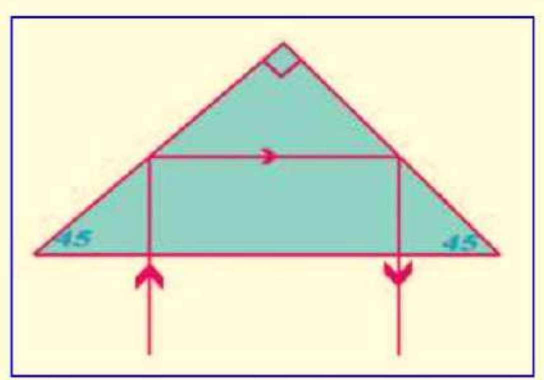
معامل الانكسار المطلق 1.5

والزاوية الحرجة تقريباً 42° .

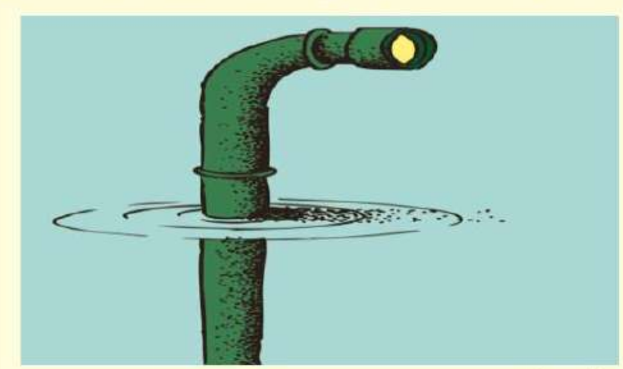
**استخدامه :-**

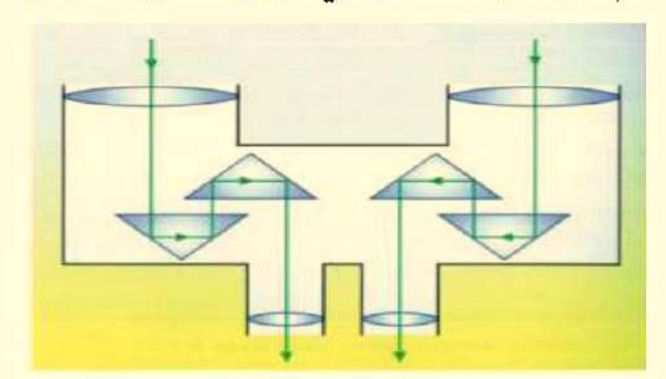
1) تغيير مسار حزمة ضوئية بمقدار 90° أو 180°




2) فى بعض الآلات البصرية مثل البيرسكوب الذى يستخدم فى الغواصات البحرية وفى مناظير الميدان .





منظار الميدان

---

## س: علل ما يأتى:-

1) يفضل المنشور العاكس عن السطح المعدنى العاكس أو المرآه .

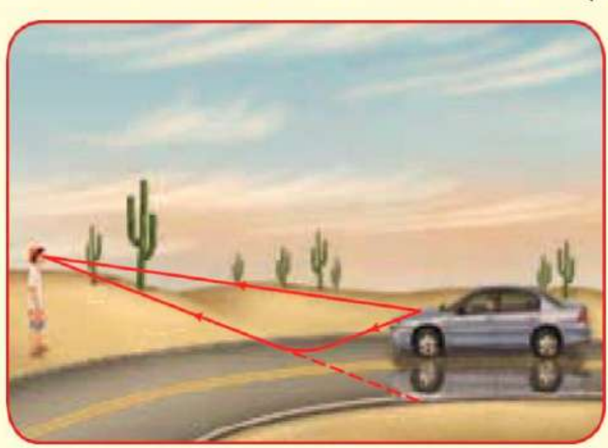
1. من النادر أن يتواجد السطح المعدنى العاكس الذى كفائته 100% أما المنشور العاكس لا يسبب فقد شدة الضوء الساقط عليه لأن الضوء ينعكس فى المنشور انعكاساً كلياً .

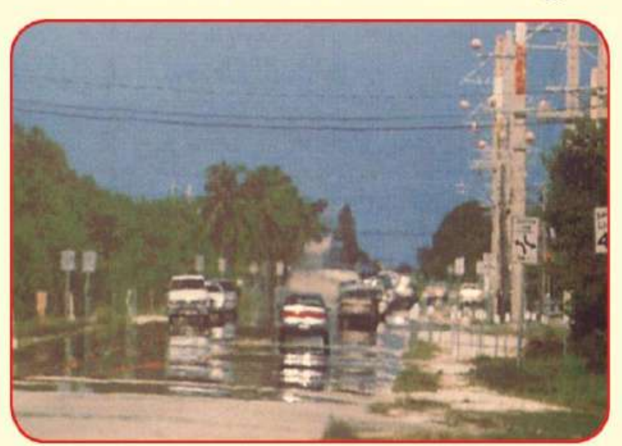
2. يتعرض السطح المعدنى لما يفقده بريقه أولمعانه فتقل قابليته لعكس الضوء ولا يحدث مثل هذا فى المنشور

2) تغطى أوجه المنشور العاكس الذى يدخل منها أو يخرج منها الضوء بغشاء رقيق ( غير عاكس ) معامل انكساره أقل من معامل انكسار الزجاج مثل الكيروليت( فلوريد الألمونيوم و فلوريد الماغنسيوم )

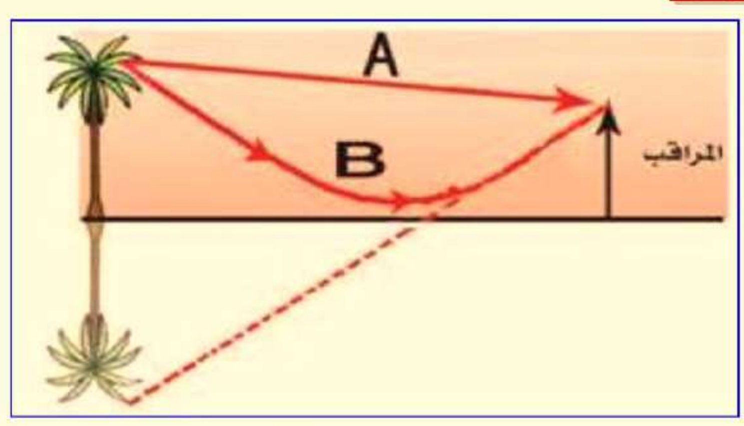
– لتجنب فقد جزء أو نسبة من شدة الضوء عند دخوله أو خروجه من المنشور . لأن معامل انكسار مادة الكريوليت أقل من معامل انكسار مادة المنشور فتكون الزاوية الحرجة بين الزجاج والكريوليت صغيرة.

- هو ظاهرة مألوفة فى الأيام شديدة الحرارة ويمكن رؤيتها صيفاً فى الطرق حيث يبدو الطريق لراكب السيارة كما لو كان مغطى بالماء كما يمكن ملاحظتها فى الصحارى حيث ترى للنخيل أو التلال صوراً مقلوبة شبيه بتلك الصور التى تحدث بالانعكاس عن سطح الماء وعندئذ يظن المراقب وجود الماء .





**تفسير ظاهرة السراب :-**




1) فى الأيام شديدة الحرارة يكون الهواء الملامس لسطح الأرض مرتفع درجة الحرارة وتقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا لأعلى ويكون معامل انكسار طبقات الهواء العليا كبيرة .

2) عند النظر إلى جسم بعيد ( قمة نخلة ) فإن الأشعة الصادرة منه تنتقل من هواء بارد لهواء ساخن فتنكسر مبتعدة عن العمود وعندما تسقط فى طبقة بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فتنعكس انعكاس كلى متخذاً مساراً منحنياً إلى أعلى حتى تصل إلى العين التى ترى صورة قمة النخلة على امتداد الشعاع الذى يصلها وهذا يفسر رؤية صورتها مقلوبة فيظن المراقب أن هناك ماء .

## أسئلة على الانعكاس الكلى و الزاوية الحرجة

س1: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-

1) لكى يحدث انعكاس كلى لشعاع ساقط من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية يجب أن تكون زاوية السقوط ..............................................

( تساوى $90°$ – أكبر من الزاوية الحرجة – تساوى الزاوية الحرجة – أقل من الزاوية الحرجة)

2) تتوقف الزاوية الحرجة بين وسطين على:

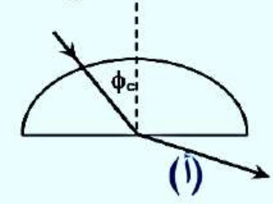
(أ) معامل الانكسار المطلق للوسط الأكبر كثافة ضوئية فقط.

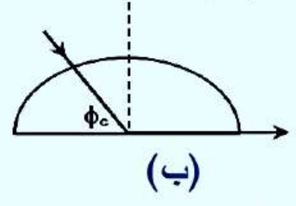
(ب) معامل الانكسار المطلق للوسط الأقل كثافة ضوئية فقط.

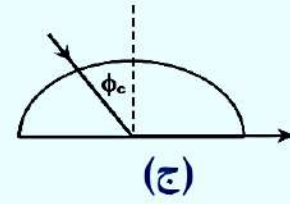
(ج) معامل الانكسار المطلق للوسطين.

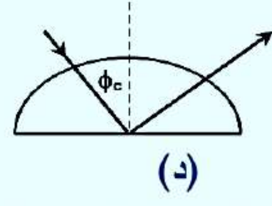
(د) زاوية سقوط الشعاع الضوئى على السطح الفاصل بين وسطين.

3) الشكل ......... يوضح المسار الصحيح لشعاع ضوئى يسقط فى قطعة نصف دائرية من الزجاج بزاوية سقوط تساوى الزاوية الحرجة ($\phi_c$)




4) عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية فإن أكبر قيمة لزاوية الانكسار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية هى ( $180°$ - $90°$ - $45°$ - $42°$ )

5) إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء هى $45°$ فإن معامل انكسار هذا الوسط = ..........

( $\sqrt{2}$ , 1.64 , 1.7 , 2 )

6) النسبة بين الزاوية الحرجة للماس ( $n = 2.4$ ) إلى الزاوية الحرجة للزجاج ( $n = 1.5$ ) تكون [ أكبر – أقل – يساوى ] من الواحد الصحيح.

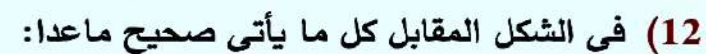
7) إذا كان $n_{زجاج} > n_{ماء} > n_{بنزين}$ فإن الزاوية الحرجة فى الزجاج بالنسبة للبنزين ............ الزاوية الحرجة فى الماء بالنسبة للبنزين. ( أكبر من – أقل من – يساوى )

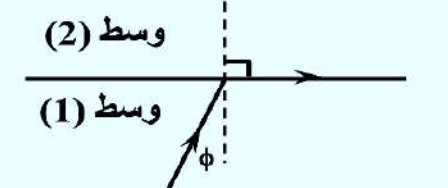
8) إذا كانت الزاوية الحرجة بين وسطين $30°$ فإن معامل الانكسار النسبى من الوسط الأكبر كثافة ضوئية إلى الوسط الأقل كثافة ضوئية يساوى ( 0.5 – 1 – 1.5 – 2 )

9) إذا كانت الزاوية الحرجة لشعاع ضوئى ينتقل من قالب زجاجى معامل انكساره 1.52 وسط آخر معامل انكساره n هى $45°$ فتكون قيمة n هى ( 1 – 1.07 – 1.33 – 1.52 )

10) إذا كانت الزاوية الحرجة لوسطين $48°$ فإن الزاوية الحرجة لكل وسط من الوسطين على حدا (أكبر من – أصغر من – يساوى) $48°$

11) عند استبدال مصدر ضوء أحمر تحت سطح الماء بآخر أزرق فإن قطر الضوء الذى يظهر على سطح الماء ( يزداد – تقل – لا تتغير)


12) فى الشكل المقابل كل ما يأتى صحيح ماعدا:



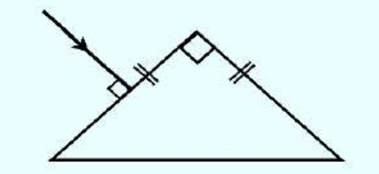

(أ) سرعة الضوء فى الوسط (2) أكبر من سرعته فى الوسط (1)

(ب) زاوية الانكسار هى أكبر زاوية انكسار ممكنة

(ج) سرعة الضوء فى الوسط (1) = سرعة الضوء فى الوسط (2)

(د) الوسط (1) معامل انكساره أكبر من الوسط (2)

13) فى الشكل المقابل:

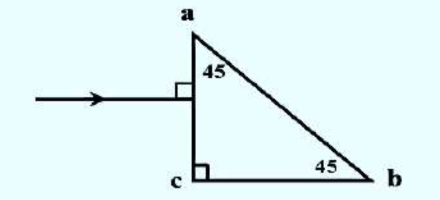


إذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5

فإن الشعاع يخرج من المنشور بزاوية خروج تساوى

( 0° - 30° - 60° - 90° )

14) فى الشكل المقابل:




1- إذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5

فإن الشعاع الساقط على الوجه ab

( ينفذ بزاوية خروج 45° – ينفذ بزاوية خروج 60°

– ينفذ بزاوية خروج 90° – ينعكس انعكاساً كلياً )

2- إذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{2}$ فإن الشعاع الساقط على الوجه ab

(ينعكس انعكاساً كلياً – ينفذ بزاوية خروج 60° – ينفذ بزاوية خروج 82° – ينفذ مماساً لهذا الوجه)

15) يحدث السراب نتيجة حدوث ( الحيود – انعكاس كلى – التداخل ) للضوء الأبيض

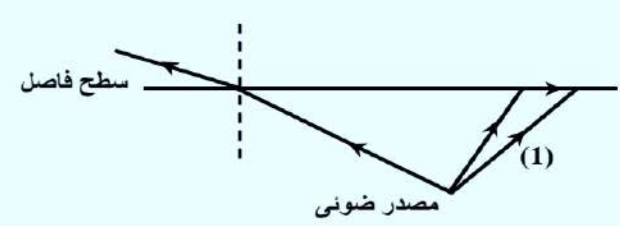
16) فى أى الأماكن التالية يمكنك رؤية السراب ( فوق بحيرة دافئة فى يوم دافئ – فوق طريق أسفلتى فى يوم حار – فوق منحدر التزحلق فى يوم بارد – فوق الرمل على الشاطئ فى يوم حار)

17) فى الليفة الضوئية ذات الطبقتين تكون الكثافة الضوئية للطبقة الخارجية ............ الكثافة الضوئية للطبقة الداخلية (أكبر من – أقل من – تساوى)

## س2: أسئلة متنوعة :

1) هل يمكن حدوث ظاهرة الانعكاس الكلى عند انتقال شعاع ضوئى من الهواء إلى الماء؟ ولماذا؟

2) ماذا تتوقع أن يحدث مع التفسير عند سقوط الشعاع الضوئى رقم (1) على السطح الفاصل




3) تتبع مسار الشعاع الضوئى فى الشكل

علماً بأن ( $n_{ماء} = 1.4$ ) وزاوية السقوط فى الماء $= 50°$

هواء

ماء

50

4) ماذا يحدث لشعاع ضوئى يسقط على منشور ثلاثى قائم الزاوية متساوى ساقين الزاوية القائمة فى الحالات الآتية :

أ- سقوط شعاع ضوئى بزاوية صفر على أحد ضلعى الزاوية القائمة .( $\phi_c = 42°$ )

ب- سقوط شعاع عمودى على الوجه المقابل للزاوية القائمة حتى خروجه من المنشور

## س3: مسائل :-

1) إذا كان معاملا انكسار الزجاج والماء هما 1.6 و 1.33 على الترتيب فاحسب الزاوية الحرجة لكل منهما.

[ $\phi_{c\,(زجاج)} = 38° 41'$ ، $\phi_{c(ماء)} = 48° 45'$ ]

2) معامل انكسار الماس هو $\frac{5}{2}$ والزجاج 1.5 احسب :

1. معامل انكسار الماس بالنسبة للزجاج

2. الزاوية الحرجة بين الماس والزجاج .

[ 36.9 ، $\frac{3}{5}$ ]

3) إذا علمت أن معامل الانكسار المطلق للزجاج 1.5 وللماء 1.32 وإن سرعة الضوء فى الفراغ $10^8 \times 3$ م/ث فاحسب : 1. معامل الانكسار النسبى من الزجاج للماء

2. سرعة الضوء فى الزجاج .

3. جيب الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء .

[ 0.88 ، $2 \times 10^8$ m/s ، 0.66 ]

4) إذا كانت الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء $41°$ ، وللماء $48.2°$ احسب :

أ- معامل الانكسار النسبى من الزجاج للماء .

ب- الزاوية الحرجة من الزجاج للماء .

[ 0.88 ، 61°38' ]

5) بفرض أن معامل الانكسار للماء 1.4 وللزجاج 1.6 فإذا كان سرعة الضوء فى الفراغ $3\times10^8$ m/s

احسب :

1. سرعة الضوء فى الزجاج

2. الزاوية الحرجة للماء بالنسبة للهواء

3. معامل الانكسار النسبى بين الزجاج و الماء .

[ $1.88\times10^{8}$ m/s ، 45.6° ، 0.875 ]

6) أوجد الزاوية الحرجة لضوء ينتقل من الماء الذى معامل انكساره 1.333 إلى الجليد الذى معامل انكساره 1.309

[ 79.11° ]

7) إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط 53.14° وأن معامل الانكسار للوسط الأقل كثافة ضوئية 1.2 أوجد معامل الانكسار للوسط الأكبر كثافة ضوئية .

[ 1.5 ]

8) متوازى مستطيلات من الزجاج معامل انكساره $\sqrt{3}$ وضع فوق مرآه مستوية اسقطت حزمة ضوئية متوازية على وجهه العلوى بحيث تميل الحزمة على الوجه بزاوية 30° فانكسرت هذه الحزمة داخل المتوازى لتنعكس عن المرآه وتخرج من المتوازى للهواء مرة ثانية فإذا علمت أن البُعد بين نقطتى السقوط و الخروج 2 cm فأوجد سمك المتوازى .

[ $\sqrt{3}$ cm ]

9) غمر مصباح كهربى صغير فى سائل معامل انكساره $\frac{5}{3}$ على عمق 4 cm من سطح السائل احسب : نصف قطر أصغر قرص من الفلين الذى إذا وضع فوق سطح السائل فإنه يكفى لحجب المصباح عن الرؤية

[ 3 cm ]

10) فى الشكل المقابل شعاع ضوئى يسقط على نصف قرص من الزجاج (n = 1.5)

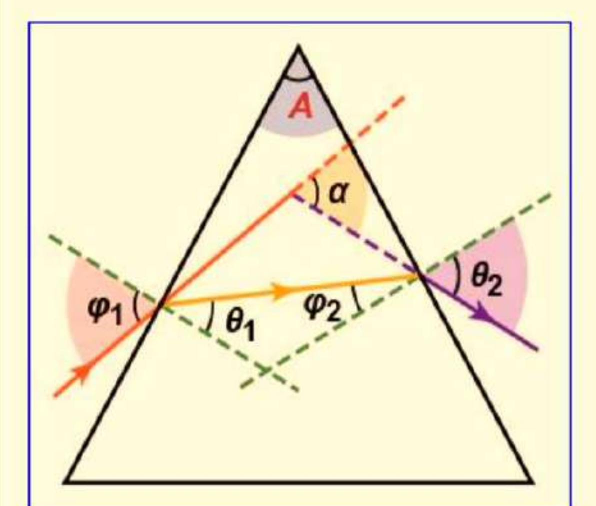
تتبع مسار الشعاع إذا كانت: (أ) $\phi = 45°$

(ب) $\phi = 60°$



# المنشور الثلاثى

**مسار الشعاع الضوئى فى المنشور الثلاثى :**




1) عندما يسقط شعاع ضوئى ab على الوجه xy لمنشور فإن الشعاع ينكسر داخل المنشور متخذاً المسار bc حتى يسقط على الوجه xz فيخرج إلى الوسط الأول فى الاتجاه cd .

2) ينكسر الشعاع مرتين إحداهما على الوجه الأول xy والأخرى عند الوجه الثانى xz ونتيجة لذلك ينحرف الشعاع عن مساره بزاوية انحراف α .

($\phi_1$):- زاوية السقوط على الوجه الأول .

($\theta_1$):- زاوية الانكسار الأولى على الوجه الأول

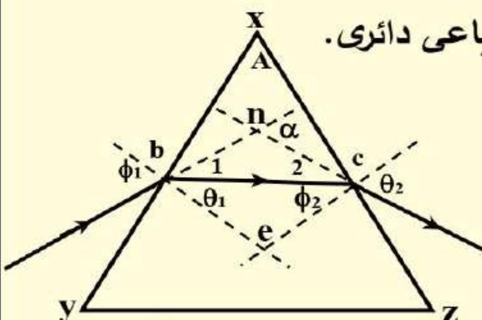
($\phi_2$):- زاوية السقوط على الوجه الثانى . ($\theta_2$):- زاوية الخروج

(α) زاوية الانحراف : هى الزاوية الحادة المحصورة بين امتدادى الشعاع الساقط والشعاع الخارج .

(A) زاوية رأس المنشور : هى الزاوية المحصورة بين وجهى السقوط والخروج .

---

**س: استنتج قوانين المنشور رياضياً ؟**




1) زاوية رأس المنشور (A): من هندسة الشكل ∵ الشكل bxce رباعى دائرى.

$$A + e = 180° \rightarrow ❶$$

فى المثلث bce

$$\theta_1 + \phi_2 + e = 180° \rightarrow ❷$$

من ❶ و ❷

$$A + e = \theta_1 + \phi_2 + e$$

$$\therefore \boxed{A = \theta_1 + \phi_2}$$

> **ملحوظة:** زاوية رأس المنشور A يتحكم فيها أثناء التصنيع المنشور ولا تتوقف على $\theta_1$ أو $\phi_2$ لكن $A = \theta_1 + \phi_2$

2) زاوية الانحراف (α): ∵ زاوية الانحراف α خارجة عن المثلث bnc

$$\alpha = \angle 1 + \angle 2$$

$$\because \phi_1 = \angle 1 + \theta_1 \qquad \therefore \angle 1 = \phi_1 - \theta_1$$

$$\because \theta_2 = \angle 2 + \phi_2 \qquad \therefore \angle 2 = \theta_2 - \phi_2$$

$$\therefore \alpha = (\phi_1 - \theta_1) + (\theta_2 - \phi_2) = \phi_1 + \theta_2 - \theta_1 - \phi_2 = \phi_1 + \theta_2 - (\theta_1 + \phi_2)$$

$$\therefore \boxed{\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A}$$

> **ملحوظة:** تتوقف زاوية الانحراف α على زاوية السقوط $\phi_1$

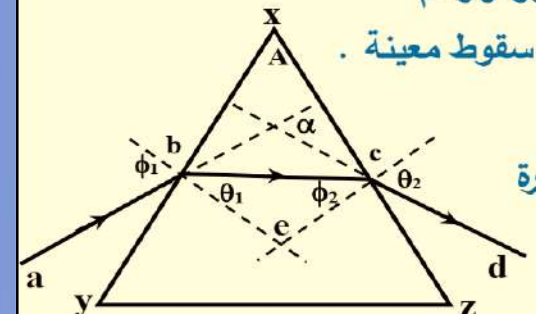
3) معامل انكسار مادة المنشور (n)

$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \qquad n = \frac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2}$$

## تجربة عملية :

**الأدوات المستخدمة :-** منشور من الزجاج زاوية رأسه °60 دبابيس – منقلة – مسطرة

**خطوات العمل :-**




1) ضع المشور على ورقة بيضاء وحدد قاعدته المثلثية ثم أبعد المنشور وارسم خطاً ab مائلاً على أحد وجهى المنشور يمثل شعاعاً ساقطاً بزاوية سقوط معينة .

2) ضع المنشور فى موضعه ثم انظر فى الجانب المقابل وحدد موضع الشعاع الخارج cd بوضع مسطرة والنظر بحيث تصبح حافة المسطرة على امتداد صورة الشعاع الساقط ab ثم ارسم خطاً cd فى محازاة المسطرة نجد أن هذا الخط يقع على امتداد صورة الخط الأول .

3) ارفع المنشور ثم صل bc فيكون مسار الشعاع الضوئى هو abcd من الهواء للزجاج للهواء .

4) مد الشعاع الخارج حتى يقابل امتداد الشعاع الساقط فتكون الزاوية المحصورة بينهما زاوية انحراف $\alpha$ .

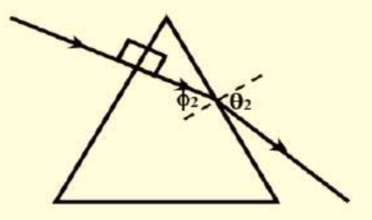
5) قس كل من زاوية السقوط الأولى $\phi_1$ والانكسار الأولى $\theta_1$ والسقوط الداخلية $\phi_2$ وزاوية الخروج $\theta_2$ وزاوية الانحراف $\alpha$ .

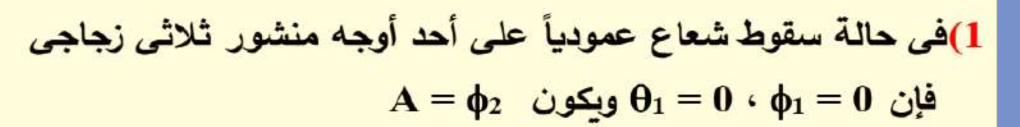
6) كرر العمل السابق عدة مرات بتغيير زاوية السقوط وضع النتائج فى جدول .

7) احسب فى كل مرة $\theta_1 + \phi_2$ نجدها = A ، $\phi_1 + \theta_2 - A$ نجدها = $\alpha$

$$A = \theta_1 + \phi_2 \qquad \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$$

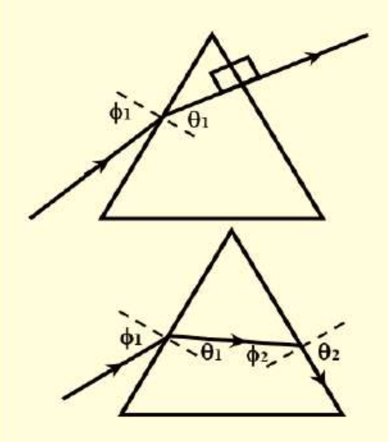
## ملاحظات هامة





1) فى حالة سقوط شعاع عمودياً على أحد أوجه منشور ثلاثى زجاجى فإن $\phi_1 = 0$ ، $\theta_1 = 0$ ويكون $A = \phi_2$

2) عندما يسقط شعاع مماساً لأحد أوجه المنشور فإن $\phi_1 = 90$



3) فى حالة خروج شعاع عمودياً على الوجه الثانى فإن $\phi_2 = 0$ ، $\theta_2 = 0$ ويكون $A = \theta_1$

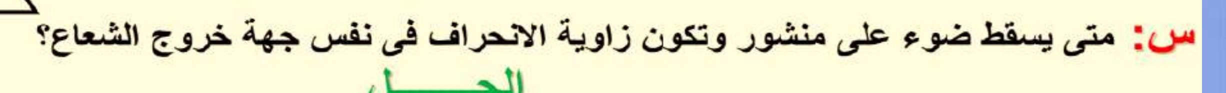
4) فى حالة خروج الشعاع مماساً للوجه الثانى فإن $\phi_2 = \phi_c$ ، $\theta_2 = 90$ ، $n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin\phi_2}$

**س:** متى يسقط ضوء على منشور وتكون زاوية الانحراف فى نفس جهة سقوط الشعاع؟

**الحـــــل**



- عندما يسقط على وجه منشور ويخرج عمودى على الوجه الآخر.



**س:** متى يسقط ضوء على منشور وتكون زاوية الانحراف فى نفس جهة خروج الشعاع؟

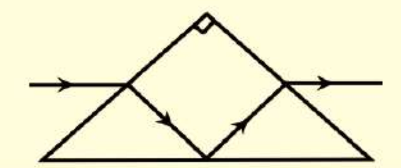
**الحـــــل**



- عندما يسقط على وجه منشور عمودياً ويخرج منكسراً من الوجه الآخر.

**س:** وضح بالرسم كيف يسقط على منشور ثلاثى شعاع ويخرج دون انحراف؟ علماً بأن الزاوية الحرجة للزجاج $42°$

**الحـــــل**



- عند يسقط على منشور قائم متساوى الساقين ويسقط موازياً للضلع المقابل للقائمة يخرج من وجه القائمة موازى للقاعدة كما بالرسم

---

## أمثلة

**مثال1:** سقط شعاع ضوئى بزاوية قدرها $60°$ على منشور ثلاثى زاوية رأسه $45°$ ومعامل انكساره $\sqrt{3}$ احسب قيمة كلاً من زاوية الخروج و زاوية الانحراف للشعاع .

**الحـــــل**

$$\phi_1 = 60° \quad , \quad A = 45° \quad , \quad n = \sqrt{3} \quad , \quad \theta_2 = ?? \quad , \quad \alpha = ??$$

$$n = \frac{\sin\phi_1}{\sin\theta_1} \qquad \therefore \sqrt{3} = \frac{\sin 60}{\sin\theta_1} \qquad \therefore \theta_1 = 30°$$

$$A = \theta_1 + \phi_2 \qquad \therefore 45 = 30 + \phi_2 \qquad \therefore \phi_2 = 15°$$

$$n = \frac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2} \qquad \therefore \sqrt{3} = \frac{\sin\theta_2}{\sin 15} \qquad \therefore \theta_2 = 26°38`$$

$$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A = 60° + 26°38` - 45° = 41°38`$$

---

**مثال2:** سقط شعاع عمودى على أحد جانبى منشور فخرج مماساً للوجه الآخر فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{2}$ فأوجد زاوية رأس المنشور .

**الحـــــل**

$$\phi_1 = 0 \quad , \quad \theta_1 = 0 \quad , \quad \phi_2 = \phi_c \quad , \quad n = \sqrt{2} \quad , A = ??$$

$$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad \therefore \phi_c = 45°$$

$$A = \theta_1 + \phi_2 = 0 + 45° = 45°$$

**مثال3:** سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد وجهى منشور زاوية رأسه $15°$ ومعامل انكسار مادته 1.6 احسب زاوية خروج الشعاع وكذلك زاوية انحرافه .

**الحـــــل**

$\phi_1 = 0$ , $\theta_1 = 0$ , $A = 15°$ , $n = 1.6$ , $\theta_2 = ??$ , $\alpha = ??$

$A = \theta_1 + \phi_2 \quad \therefore 15 = 0 + \phi_2 \qquad \therefore \phi_2 = 15°$

$n = \frac{\sin\theta_2}{\sin\phi_2} \quad \therefore 1.6 = \frac{\sin\theta_2}{\sin 15} \qquad \therefore \theta_2 = 24.46°$

$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A = 0 + 24.46 - 15 = 9.46°$

**مثال4:** منشور ثلاثى زاوية رأسه $45°$ سقط شعاع عمودى على أحد أوجهه فخرج مماساً للوجه الآخر احسب معامل انكسار مادته .

**الحـــــل**

$\because \phi_1 = 0 \qquad \therefore A = \phi_2 = 45°$

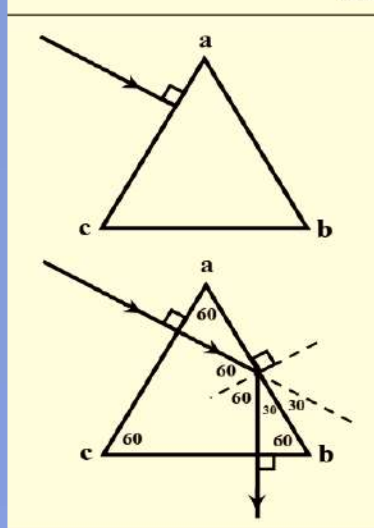
$\because \phi_2 = \phi_c$

$\therefore \quad n = \frac{1}{\sin\phi_c} = \frac{1}{\sin 45} = 1.414$

**مثال5:** فى الشكل منشور ثلاثى متساوى الأضلاع من زجاج معامل الانكسار المطلق 1.5 سقط شعاع ضوئى عمودياً على ac

1- أكمل مسار الشعاع حتى يخرج 2- أوجد قيمة زاوية خروج الشعاع

3- أوجد قيمة الزاوية الحادة بين اتجاهى الشعاع الساقط والخارج



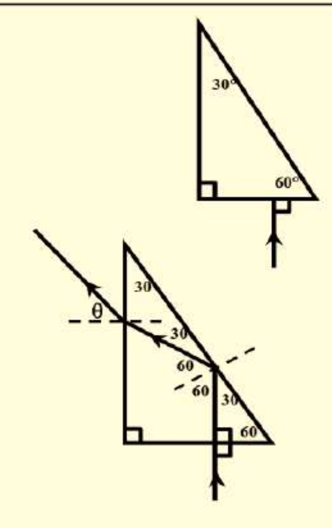

**الحـــــل**

$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.6666 \qquad \therefore \phi_c = 41.8°$

زاوية الخروج = صفر

زاوية الانحراف = $30 + 30 = 60$

**مثال6:** من الشكل الذى أمامك تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط على المنشور علماً بأن معامل انكسار مادته 1.5 وما هى زاوية الخروج ؟




**الحـــــل**

$\sin\phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.6666 \qquad \therefore \phi_c = 41°48'$

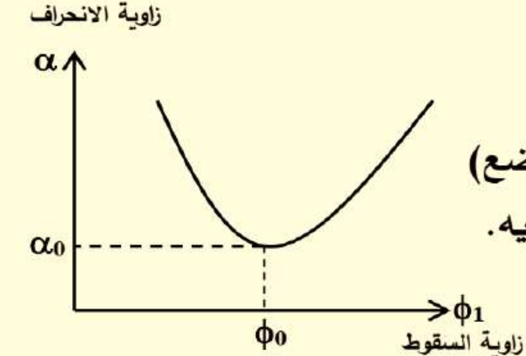
الشعاع ينعكس انعكاساً كلياً ثم يسقط بزاوية $30°$ على الوجه الآخر .

$n = \frac{\sin\theta}{\sin\phi}$

$1.5 = \frac{\sin\theta}{\sin 30} \qquad \therefore \theta_{\text{زاوية الخروج}} = 48.9°$

## ❖ وضع النهاية الصغرى للانحراف:

### ➤ العلاقة بين زوايا الانحراف $\alpha$ و زاوية السقوط $\phi_1$ :-




▪ إذا أدير منشور يسقط عليه شعاع ضوئى فى اتجاه واحد وقياس زاوية السقوط $(\phi_1)$ وزاوية الانحراف $(\alpha)$ المقابلة لها (فى عدة مواضع) ورسمت علاقة بيانية بينهما نحصل على الشكل المقابل ونلاحظ فيه.

1. بزيادة زاوية السقوط $(\phi_1)$ تقل زاوية الانحراف $(\alpha)$ حتى قيمة صغرى وتسمى عندها الزاوية $(\alpha)$ بزاوية النهاية الصغرى للانحراف $(\alpha_0)$
2. بعد النهاية الصغرى للانحراف يلاحظ أنه بزيادة $(\phi_1)$ تزداد تبعاً لها زاوية $(\alpha)$ [المنحنى غير متماثل]
3. وقد وجد عملياً أنه كلما زادت زاوية السقوط تقل زاوية الخروج وعند وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية السقوط = زاوية الخروج.

أى تكون: $\phi_0 = \theta_2 = \phi_1$ ، ويمكن إثبات أن: $\theta_0 = \phi_2 = \theta_1$

ويسمى هذا الوضع " وضع التماثل" و " وضع النهاية الصغرى للانحراف" والشعاع المنكسر داخل المنشور فى هذا الوضع يوازى قاعدة المنشور.

☆ **شروط حدوث النهاية الصغرى للانحراف**

1) أن تكون زاوية السقوط $(\phi_1)$ = زاوية الخروج $(\theta_2)$

2) أن تكون زاوية الانكسار الأولى $(\theta_1)$ = زاوية السقوط الثانية $(\phi_2)$

✍ **تعريف زاوية النهاية الصغرى للانحراف $\alpha_0$ :-**

هى أصغر زاوية انحراف للضوء فى المنشور وعندها تكون زاوية السقوط تساوى الخروج

$[\ \theta_0 = \phi_2 = \theta_1 \text{ ، } \phi_0 = \theta_2 = \phi_1\ ]$

**س: ما معنى قولنا أن:** زاوية النهاية الصغرى لانحراف الضوء فى منشور ثلاثى = 30°؟

ج: ..................................................................................................................

..........................................................................................................................

## ⇦ التمثيل البيانى للعلاقة بين $\theta_1$ ، $\phi_2$ فى المنشور الثلاثى:

* يمكن تمثيل العلاقة بين زاوية الانكسار $(\theta_1)$ وزاوية السقوط الثانية $(\phi_2)$ خلال منشور ثلاثى متساوى الأضلاع كما بالشكل ، بحيث تمثل :

– النقطتين a , b زاوية رأس المنشور.

– النقطة (c) وضع النهاية الصغرى للانحراف لأن عندها $\theta_1 = \phi_2$

## استنتاج قوانين وضع النهاية الصغرى للانحراف:

$$n = \frac{\sin\phi_0}{\sin\theta_0} \rightarrow ①$$

**أولاً: حساب $\phi_0$ فى وضع النهاية الصغرى للانحراف**

$$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$$

وفى وضع النهاية الصغرى للانحراف

$$\phi_1 = \theta_2 = \phi_0$$

$$\alpha_0 = 2\phi_0 - A$$

$$\therefore \alpha_0 + A = 2\phi_0$$

$$\phi_0 = \frac{\alpha_0 + A}{2} \rightarrow ②$$

**ثانياً :- حساب $\theta_0$**

$$A = \theta_1 + \phi_2$$

وضع النهاية الصغرى للانحراف

$$\theta_1 = \phi_2 = \theta_0$$

$$\therefore A = 2\theta_0$$

$$\theta_0 = \frac{A}{2} \rightarrow ③$$

- من ② ، ③ وبالتعويض فى ①

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

**خلى بالك:**

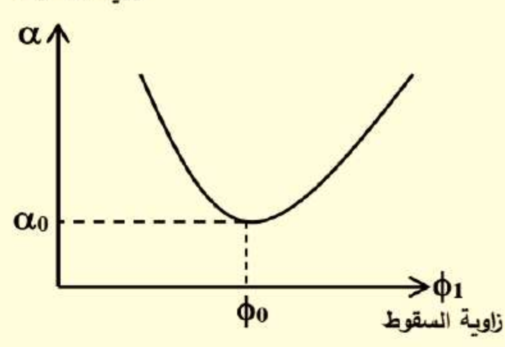
- يتم التعرف على أن المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف من نص المسألة أو إذا ذكر فى نص المسألة أن 1- زاوية السقوط = زاوية الخروج $[\phi_1 = \theta_2]$

  2- أو أن زاوية الانكسار الأولى = زاوية السقوط الثانية $[\theta_1 = \phi_2]$

  3- أو كانت زاوية رأس المنشور A = ضعف قيمة أى من زاوية الانكسار الأولى أو زاوية السقوط الثانية $[A = 2\theta_1 = 2\phi_2]$

  4- أو ذكر أن زاوية الانحراف أقل ما يمكن .

  وفى كل هذه الحالات نطبق قوانين وضع النهاية الصغرى للانحراف.




- إذا أعطانا شكل المنحنى المقابل:

  فإن: النقطة التى تمثل $\phi_0$ والتى تمثل $\alpha_0$ يمكن استخدام قيمتها فى قوانين وضع النهاية الصغرى للانحراف.

## أمثلة

**مثال1:** منشور ثلاثى متساوى الأضلاع توجد زاويتى سقوط $70°$ ، $20°$ يحدث عندهما نفس الانحراف احسب زاوية النهاية الصغرى للانحراف ومعامل الانكسار المطلق لمادة المنشور .

### الحـــــل

$$\phi_0 = \frac{70+20}{2} = 45°$$

$$\alpha_0 = 2\,\phi_0 - A = 2 \times 45 - 60 = 30°$$

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{30+60}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)} = \sqrt{2}$$

**مثال2:** منشور زجاجى زاوية رأسه $60°$ ومعامل انكسار مادته 1.66 غُمر فى سائل معامل انكسار مادته 1.33 احسب زاوية النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئى فى المنشور .

### الحـــــل

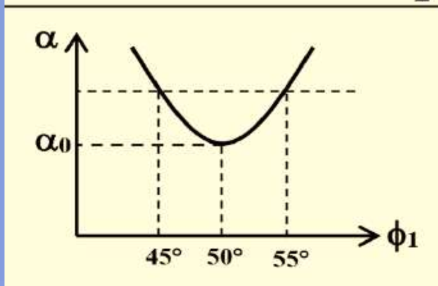
$$_{\text{زجاج}}n_{\text{ماء}} = \frac{n_{\text{زجاج}}}{n_{\text{ماء}}} = \frac{1.66}{1.33} = 1.248$$

$$_{\text{زجاج}}n_{\text{ماء}} = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad \therefore 1.248 = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)}$$

$$1.248 \times \tfrac{1}{2} = \sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right) \qquad \therefore 0.624 = \sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)$$

$$38.608 = \frac{\alpha_0 + A}{2} \qquad \therefore 77.217 = \alpha_0 + 60 \qquad \therefore \alpha_0 = 17.21°$$

**مثال3:** منشور ثلاثى متساوى الأضلاع توجد زاويتى سقوط $55°$ ، $45°$ لهما نفس زاوية الانحراف كم تكون زاوية النهاية الصغرى للانحراف .




### الحـــــل

$$\phi_0 = \frac{45+55}{2} = 50°$$

$$\alpha_0 = 2\,\phi_0 - A = 2 \times 50 - 60 = 40°$$

**تفريق الضوء بواسطة المنشور الثلاثى الزجاجي :**

- استنتجنا فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يتعين معامل انكسار مادة المنشور من العلاقة:

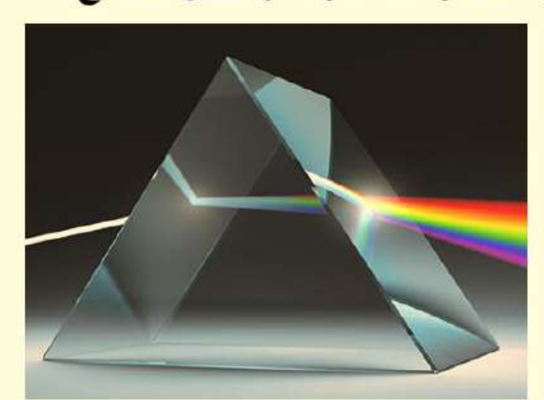
$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

- ونظراً لأن زاوية رأس المنشور ثابتة فإننا نتبين أن تغير معامل الانكسار يتبعه تغير فى قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف فبزيادة معامل الانكسار تزداد قيمة النهاية الصغرى للانحراف والعكس صحيح.
- نظراً لأن معامل الانكسار n يتوقف على الطول الموجى فإن زاوية النهاية الصغرى للانحراف تتوقف بدورها على الطول الموجى.

- استنتجنا فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يتعين معامل انكسار مادة المنشور من العلاقة:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

- ونظراً لأن زاوية رأس المنشور ثابتة فإننا نتبين أن تغير معامل الانكسار يتبعه تغير فى قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف فبزيادة معامل الانكسار تزداد قيمة النهاية الصغرى للانحراف والعكس صحيح.



- نظراً لأن معامل الانكسار n يتوقف على الطول الموجى فإن زاوية النهاية الصغرى للانحراف تتوقف بدورها على الطول الموجى.
- لذلك إذا سقطت حزمة ضوء أبيض على منشور ثلاثى مهيأ فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن الضوء الخارج من المنشور يتفرق إلى ألوان الطيف.
- من الشكل نتبين أن أشعة الضوء البنفسجى تكون أكثر الأشعة انحرافاً ( معامل انكسارها أكبر) وأن أشعة الضوء الأحمر تكون أقل الأشعة انحرافاً (معامل انكسارها أصغر) وألوان الطيف المرئى التى يتفرق إليها الضوء الأبيض هى بالترتيب (من جهة رأس المنشور إلى قاعدته):

{ أحمر – برتقالى – أصفر – أخضر – أزرق – نيل – بنفسجى }

**س: علل ما يأتى**

**1) عند سقوط ضوء أبيض على منشور ثلاثى زجاجى مهيأ فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يخرج متفرقاً إلى ألوان الطيف .**

– نظراً لاختلاف معامل انكسار مادة المنشور لكل لون من ألوان الطيف وذلك لاختلاف الأطوال الموجية $n \propto \frac{1}{\lambda}$ تتعدد زوايا النهاية الصغرى للانحراف كل لون من العلاقة $n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$ فيحدث تحليل للضوء الأبيض .

**2) زاوية انحراف اللون البنفسجى أكبر من اللون الأحمر بعد مرور الضوء الأبيض فى منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .**

– الطول الموجى للون البنفسجى صغير لذا يكون معامل الانكسار له كبير حيث $n \propto \frac{1}{\lambda}$ ومن العلاقة $n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$ تكون زاوية انحراف اللون البنفسجى كبيرة .

**3) لا يعمل متوازى المستطيلات الزجاجى على تحليل الضوء**

– لأنه يعمل كمنشوران من نفس المادة متساويان فى زوايا الرأس ومعكوسان فيكون تفريق الألوان بالأول مساوياً تجميع الأطوال بالثانى .

# المنشور الرقيق

- هو منشور ثلاثى زجاجى زاوية رأسه لا تزيد عن 10 درجات ويكون دائماً فى وضع النهاية الصغرى للانحراف أى أن معامل انكسار مادة المنشور يحسب من العلاقة

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

**علل:** المنشور الرقيق يكون دائماً فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .

**ج:** لأن زاوية السقوط = زاوية الخروج وزوايا رأس المنشور والانحراف الصغرى صغيرة.

**س:** استنتج قانون المنشور الرقيق ؟

**ج:** الزوايا التى أقل من 10 درجات جيب الزاوية = قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى .

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad \therefore n = \frac{\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\left(\frac{A}{2}\right)} \qquad \therefore n = \frac{\alpha_0 + A}{A}$$

$$\alpha_0 + A = n\,A$$

$$\alpha_0 = n\,A - A$$

$$\therefore \boxed{\alpha_0 = A(n-1)}$$ ← قانون المنشور الرقيق

## أمثلة

**مثال1:** احسب زاوية انحراف منشور رقيق زاوية رأسه 9° ومعامل انكسار مادته 1.5 .

**الحـــــل**

$$\alpha_0 = A(n-1) = 9(1.5-1) = 4.5^\circ$$

**مثال2:** احسب زاوية رأس منشور رقيق معامل انكسار مادته 1.66 عند غمره فى سائل فإنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من السائل بزاوية 2° علماً بأن معامل انكسار السائل 1.36 .

**الحـــــل**

$$_{\text{سائل}}n_{\text{زجاج}} = \frac{n_{\text{زجاج}}}{n_{\text{سائل}}} = \frac{1.66}{1.36} = 1.32$$

$$\alpha_0 = A(n-1)$$

$$\therefore 2 = A(1.32-1)$$

$$\therefore A = 6.25^\circ$$

**مثال3:** منشور رقيق يحرف الأشعة الضوئية الساقطة عليه بمقدار 4° فإذا كانت زاوية رأسه 8° احسب قيمة معامل انكسار مادته.

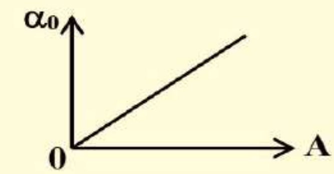
**الحـــــل**

$$\alpha_0 = A(n-1)$$

$$\therefore 4 = 8(n-1)$$

$$\therefore n = 1.5$$

**س: ما هى العوامل التى يتوقف عليها زاوية الانحراف فى المنشور الرقيق ؟**




**ج:** $\alpha_0 = A(n-1)$

1- زاوية رأس المنشور

ميل الخط = $(n-1)$

2- معامل الانكسار لمادة المنشور

$\alpha_0 = A\ n - A$

($\alpha_0$ متغير ، $A$ ثابت ، $n$ متغير ، $-A$ الجزء المقطوع من محور الصادات)

ميل الخط = $A$

$\alpha_0$ ، 0 ، n ، - A

$$\alpha_0 = A(n-1)$$

$$\alpha_0 = A\ n - A$$

$$n = \frac{\alpha_0}{A} + \frac{A}{A}$$

$$n = \frac{\alpha_0}{A} + 1$$

n ، 1 ، 0 ، $\alpha_0$

∴ ميل الخط = $\frac{1}{A}$

**لاحظ : لا تتوقف زاوية الانحراف على زاوية السقوط لأنه دائماً فى وضع النهاية الصغرى للانحراف .**

## ❖ التفريق اللونى للضوء الأبيض فى منشور رقيق :-

**عند سقوط ضوء أبيض على منشور رقيق فإنه يحدث تفريق لونى بحيث :**

- **زاوية انحراف الشعاع الأحمر ←** $(\alpha_0)_r = A(n_r - 1)$

**حيث** $(n_r)$**:- معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأحمر**

- **زاوية انحراف الشعاع الأزرق ←** $(\alpha_0)_b = A(n_b - 1)$

**حيث** $(n_b)$**:- معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأزرق**

- **الانفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق و الأحمر هو الفرق بين زاوية انحراف الأزرق و الأحمر**

$$(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r = A(n_b - 1) - A(n_r - 1)$$

$$\boxed{(\alpha_1)_b - (\alpha_0)_r = A(n_b - n_r)}$$

☆ **الانفراج الزاوى بين اللونين ( الأزرق والأحمر): هو الزاوية المحصورة بين الشعاعين الأزرق و الأحمر.**

**أو: الفرق بين زاويتى انحراف اللونين الأزرق والأحمر**

**س: ما معنى أن الانفراج الزاوى بين الأزرق و الأحمر = 0.2 ؟**

**ج: معنى ذلك أن الفرق بين زاوية انحراف الأزرق والأحمر = $0.2^\circ$ .**

**س: ما هى العوامل التى يتوقف عليها الانفراج الزاوى بين الأحمر و الأزرق ؟**

**ج:** $(\alpha_1)_b - (\alpha_0)_r = A(n_b - n_r)$

**1- معامل انكسار مادة المنشور للونين 2- زاوية رأس المنشور .**

🛎 ملحوظة:

- الضوء الأصفر y يتوسط الأحمر والأزرق وتكون زاوية الانحراف المتوسطة للضوء الأصفر هى

$$\alpha_y = \frac{(\alpha_0)_b + (\alpha_0)_r}{2}$$

ويكون معامل الانكسار المتوسط للضوء الأصفر هو $n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$

☆ قوة التفريق اللونى لمنشور رقيق $\omega_\alpha$ :-

- النسبة بين الانفراج الزاوى للشعاعين الأزرق والأحمر إلى زاوية انحراف الضوء الأصفر فى منشور رقيق

$$\omega_\alpha = \frac{(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r}{(\alpha_0)_y} = \frac{A\ (n_b - n_r)}{A\ (n_y - 1)} = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

$$\boxed{\omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}}$$

**س:** ما هى العوامل التى يتوقف عليها قوة التفريق اللونى ؟

**ج:** معامل انكسار مادة المنشور للضوء . ولا تتوقف على زاوية رأس المنشور

**مثال:** منشور رقيق زاوية رأسه 8° معامل انكسار مادته للون الأحمر 1.52 وللون الأزرق 1.54 احسب:

1. زاوية انحراف كل لون
2. الانفراج الزاوى بين اللونين
3. قوة التفريق اللونى للمنشور

## الحـــــل

$$A = 8^\circ \quad , \quad n_r = 1.52 \quad , n_b = 1.54$$

1) $(\alpha_0)_r = A\ (n_r - 1)$

$= 8\ (1.52 - 1) = 8 \times 0.52 = 4.16^\circ$

$(\alpha_0)_b = A\ (n_b - 1)$

$= 8\ (1.54 - 1) = 8 \times 0.54 = 4.32^\circ$

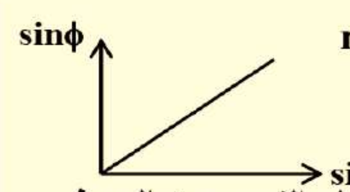
2) $(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r = 4.32 - 4.16 = 0.16^\circ$

3) $\omega_\alpha = \frac{(n_b - n_r)}{(n_y - 1)} = \frac{1.54 - 1.52}{1.53 - 1} = 0.0377$

# الرسوم البيانية

- القانون :-

$$n = \frac{\sin\phi}{\sin\theta}$$




ميل الخط = $_1n_2$ معامل الانكسار النسبى من الوسط الأول للثانى

- إذا كان الوسط الأول هواء يكون معامل الانكسار المطلق للوسط

- القانون :-

$$n = \frac{1}{\sin\phi_c}$$

ميل الخط = 1

$n$ ، $0$ ، $\frac{1}{\sin\phi_c}$

## المنشور الثلاثى :-

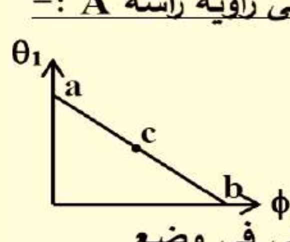
- القانون :-

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

$\sin\frac{\alpha_0 + A}{2}$ ، $\sin\frac{A}{2}$

ميل الخط = $n$ معامل انكسار مادة المنشور

<u>العلاقة بين $\theta_1$ ، $\phi_2$ لمنشور ثلاثى زاوية رأسه $A$ :-</u>




$$A = \theta_1 + \phi_2$$

• تكون دلالة a ، b هى زاوية رأس المنشور A

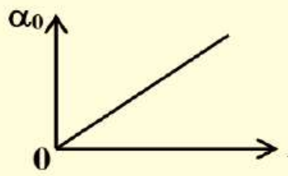
• نقطة C عند منتصف ab هى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف للمنشور

لأن عندها تكون $\theta_1 = \phi_2$ فى المنشور الثلاثى وهو فى وضع النهاية الصغرى للانحراف

## المنشور الرقيق :-

- القانون :-

$$\alpha_0 = A\,(n - 1)$$




ميل الخط = $(n - 1)$

- القانون :-

$$\alpha_0 = A\,n - A$$

$\alpha_0$ ← متغير ، $A$ ← ثابت ، $n$ ← متغير ، $A$ ← الجزء المقطوع من محور الصادات

$\alpha_0$ ، $0$ ، $n$ ، $-A$

ميل الخط = $A$

- القانون :-

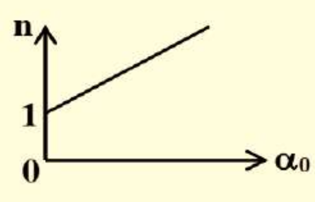
$$\alpha_0 = A\,(n - 1)$$

$$\alpha_0 = A\,n - A$$

$$n = \frac{\alpha_0}{A} + \frac{A}{A}$$

$$n = \frac{\alpha_0}{A} + 1$$

$$n = \frac{1}{A}\alpha_0 + 1$$



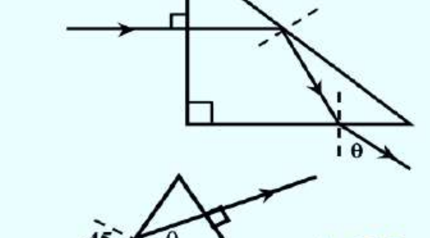

∴ ميل الخط = $\frac{1}{A}$

## أسئلة على المنشور الثلاثى

**س1: اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس :-**

**1) سقط شعاع ضوئى من الهواء على أحد أوجه منشور ثلاثى بزاوية °65 وخرج عمودى على الوجه الآخر تكون زاوية رأس المنشور (أكبر من – أصغر من – تساوى) °65**

**2) فى الشكل المقابل إذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 فإن:**




**قيمة الزاوية θ هى ............ تقريباً**

[ 10° – 15° – 50° – 80° ]

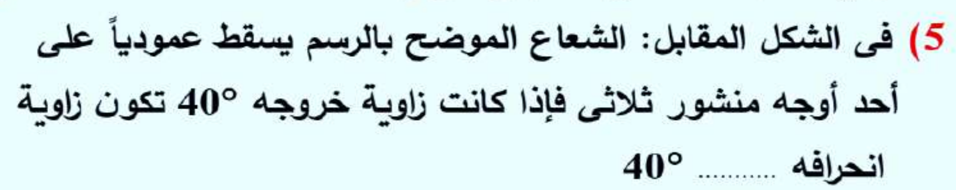
**3) فى الشكل المقابل :**

**تكون زاوية رأس المنشور A ( أكبر من °45 – تساوى °45 – أقل من °45 )**

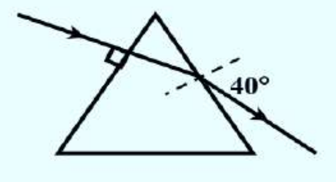
**4) سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد أوجه منشور ثلاثى زاوية رأسه °30 فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{2}$ فإن:**

– زاوية خروج الشعاع هى (°15 – °30 – °45 – °60)

– زاوية انحراف الشعاع الضوئى هى (°15 – °30 – °45 – °60)



**5) فى الشكل المقابل: الشعاع الموضح بالرسم يسقط عمودياً على أحد أوجه منشور ثلاثى فإذا كانت زاوية خروجه °40 تكون زاوية انحرافه .......... °40**




(أ) أكبر من (ب) أصغر من (ج) تساوى

**6) تكون زاوية الانحراف خارج المنشور الثلاثى جهة زاوية السقوط إذا:**

(أ) سقط الشعاع الضوئى عمودى

(ب) خرج الشعاع الضوئى عمودى

(ج) سقط الشعاع الضوئى بزاوية °30

(د) إذا خرجه الشعاع الضوئى بزاوية °42

**7) إذا سقط شعاع ضوئى عمودى على أحد أوجه منشور ثلاثى وخرج مماساً للسطح الفاصل تكون:**

(أ) $A = 60°$ دائماً (ب) $\phi_c = A = \alpha$ (ج) $\phi_c = A$ (د) زاوية السقوط = زاوية الخروج

**8) معامل الانكسار للضوء الأحمر فى المنشور الثلاثى:**

(أ) ثابت لأى منشور (ب) يختلف باختلاف زاوية رأس المنشور

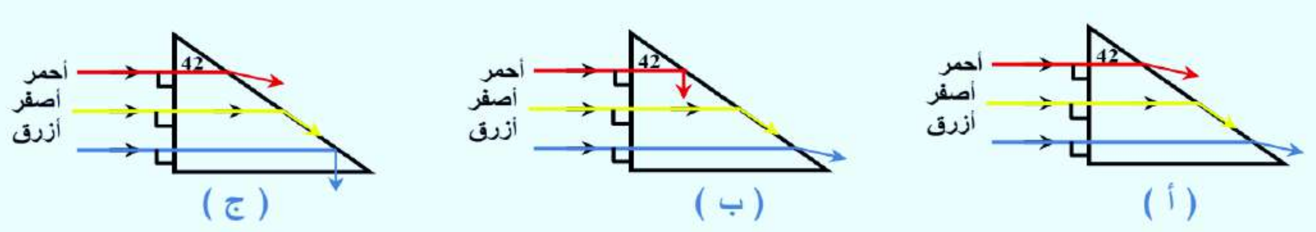
(ج) يختلف باختلاف مادة المنشور (د) يختلف باختلاف زاوية السقوط

9) سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى زاوية رأسه $60°$ ومعامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ فتكون أصغر زاوية سقوط للشعاع الضوئى بحيث ينفذ من الوجه الآخر هى:

(أ) $32.32°$ (ب) $37.37°$ (ج) $42.42°$ (د) $46.46°$

10) يوضح الشكل ثلاثة أشعة متوازية منفصلة تسقط عمودياً على أحد أوجه منشور زجاجى زاوية رأسه $42°$ والمسار الكامل للشعاع الأصفر .

أى من الأشكال يوضح المسارات التقريبية للشعاعين الأحمر و الأزرق .




11) منشور ثلاثى زجاجى متساوى الأضلاع سقط على احد جانبى شعاعان ضوئيان بزوايا سقوط ($40°$ ، $60°$ ) فكانت زاوية الانحراف واحدة لكل منها فتكون زاوية النهاية الصغرى للانحراف هى

( $50°$ ، $40°$ ، $30°$ ، $45°$ )

12) منشور ثلاثى متساوى الأضلاع فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية السقوط الثانية...

( $90°$ – $60°$ – $30°$ )

13) منشور ثلاثى معامل انكسار مادته $\sqrt{2}$ وزاوية رأسه $60°$ فتكون أقل زاوية انحراف لشعاع ضوئى ساقط عليه هى ($30°$ – $40°$ – $45°$ – $49°$ )

14) إذا سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون زاوية السقوط الثانية ($30°$ – $40°$ – $60°$ – $90°$ )

15) عند زيادة الطول الموجى للضوء الساقط على أحد أوجه منشور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن زاوية النهاية الصغرى للانحراف (تزداد – تقل – لا تتغير – لا يمكن تحديد الإجابة)

16) منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه $5°$ ومعامل انكسار مادته 1.6 تكون زاوية انحراف الضوء فيه ( $3°$ - $5°$ - $6°$ - $8°$ )

17) منشور رقيق زاوية رأسه $6°$ يسبب انحرافاً قدره $3°$ للأشعة الساقطة عليه فيكون معامل انكسار مادته (1.8 – 1.7 – 1.6 – 1.5)

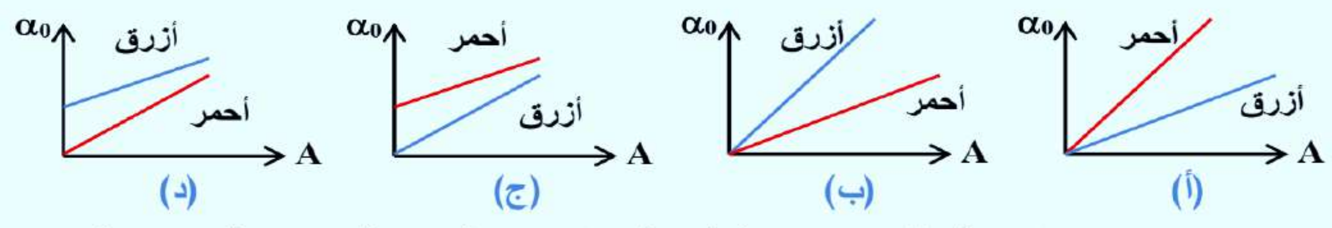
18) منشور رقيق زاوية رأسه $6°$ ومعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.65 وللضوء الأحمر 1.6 فإن قيمة الانفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق والأحمر هى ($0.1°$ – $0.2°$ – $0.3°$ – $0.5°$)

19) منشور رقيق زاوية رأسه $10°$ ومعامل انكسار مادته 1.6 غُمر فى سائل معامل انكساره 1.25 فتكون زاوية انحراف الشعاع هى ($2.5°$ – $2.8°$ – $3.5°$ – $6°$)

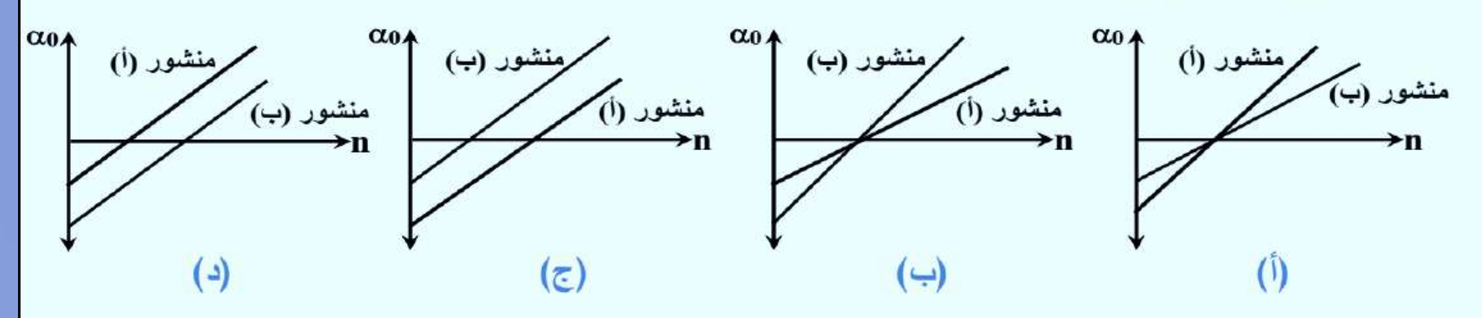
**20)** منشوران من نفس المادة الأول زاوية رأسه °4 والآخر °6 تكون النسبة بين الانفراج الزاوى بين الأزرق و الأحمر للمنشور الأول إلى الثانى ............ ( $\frac{4}{6}$ ، $\frac{6}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{1}$ )

**21)** منشوران من نفس المادة الأول زاوية رأسه °4 والآخر °6 تكون النسبة بين قوة التفريق اللونى للمنشور الأول إلى الثانى ............ ( $\frac{4}{6}$ ، $\frac{6}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{1}$ )

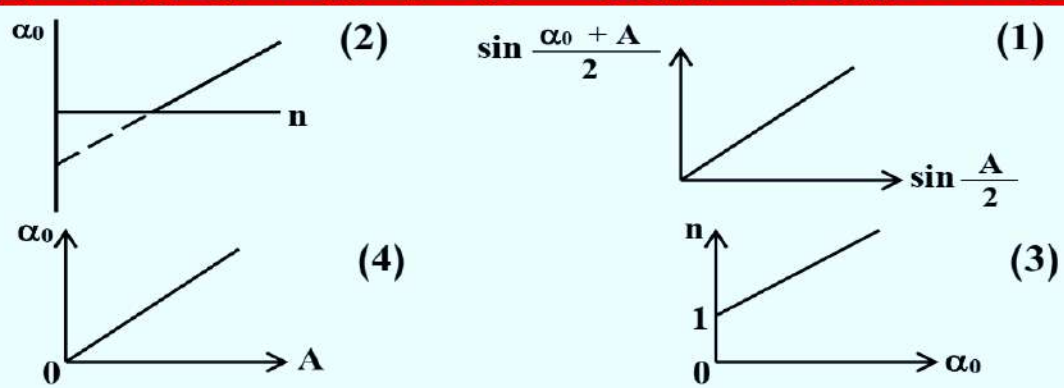
**22)** عند سقوط ضوء أحمر وآخرأزرق على منشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فأى من العلاقات البيانية التالية يعبر عن العلاقة بين زاوية الإنحراف وزاوية رأس المنشور:




**23)** عند استبدال منشور رقيق (أ) بآخر (ب) زاوية رأسه أقل فإن العلاقة البيانية الصحيحة بين زاوية الانحراف الصغرى ومعامل الانكسار:




## س2: اذكر العلاقة بين كل متغيرين واستنتج ما يساويه الميل فى كل منهم




## س3: أسئلة متنوعة :

**1)** اذكر ما تساويه زاوية السقوط الأولى وزاوية رأس المنشور فى الحالات الآتية:

أ- عند سقوط شعاع عمودياً على أحد أوجه المنشور

ب- عندما يخرج شعاع عمودياً من أحد أوجه المنشور

**2)** الشكل البيانى المقابل:

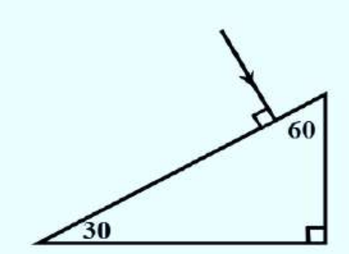
يمثل العلاقة بين زاوية الانكسار $\theta_1$ وزاوية السقوط الثانية $\phi_2$

عند مرور شعاع ضوئى خلال منشور ثلاثى متساوى الأضلاع:

أ) ماقيمة الزاوية الممثلة بالنقطة c ؟

ب) أى النقاط ( a , b , c ) تمثل وضع النهاية الصغرى للانحراف ؟ مع ذكر السبب.

ج) أوجد معامل انكسار مادة المنشور إذا علمت أن زاوية النهاية الصغرى للانحراف = $37°$ ؟

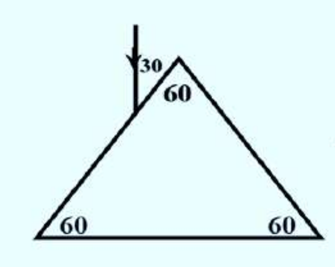



**3)** سقط شعاع ضوئى عمودى على وجه منشور ثلاثى

معامل انكسار مادته 1.5 كما بالرسم .

تتبع مسار الشعاع الضوئى مع الرسم

ثم أوجد زاوية خروجه من المنشور .




**4)** فى الشكل المقابل:

أ) ارسم مسار الشعاع خلال المنشور.

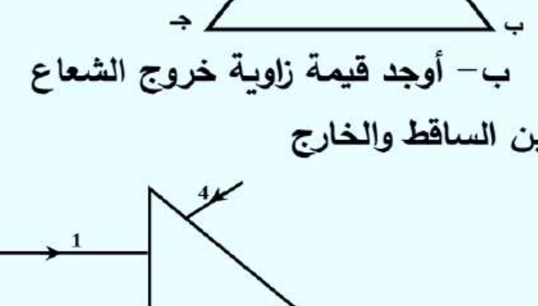
إذا علمت أن معامل انكسار مادة الزجاج 1.5 .

ب) أوجد زاوية سقوط الشعاع عند قاعدة المنشور.

ج) ماذا يحدث للشعاع عند قاعدة المنشور؟

**5)** تتبع مسار الشعاع الضوئى الساقط على وجه المنشور حتى يخرج

علماً بأن الزاوية الحرجة لزجاج المنشور $42°$ واحسب قيمة زاوية الخروج .




**6)** فى الشكل المقابل :

منشور ثلاثى متساوى الأضلاع من الزجاج

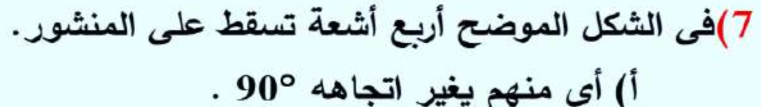
معامل الانكسار المطلق لمادته 1.5

سقط شعاع ضوئى عمودياً على الوجه أ جـ :

أ- أكمل مسار الشعاع حتى يخرج مع التعليل. ب- أوجد قيمة زاوية خروج الشعاع

ج- أوجد قيمة الزاوية الحادة بين اتجاهى الشعاعين الساقط والخارج

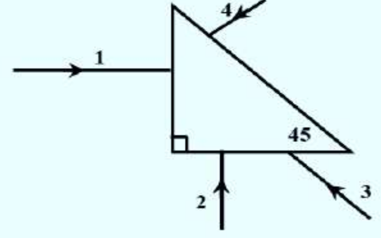
**7)** فى الشكل الموضح أربع أشعة تسقط على المنشور.



أ) أى منهم يغير اتجاهه $90°$ .

ب) وأى منهم يغير اتجاهه $180°$ .

ج) وأى منهم لا يغير اتجاهه.



## س4: مسائل :-

1) سقط شعاع ضوئى بزاوية $60°$ على أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ أوجد زاوية خروج الشعاع وزاوية انحرافه . [ 60° , 60° ]

2) سقط شعاع مائلاً على أحد جانبى منشور بزاوية قدرها $30°$ فخرج عمودياً على الجانب الثانى فإذا كان معامل الانكسار لمادة المنشور $\sqrt{3}$ فما زاوية رأس المنشور . [ A = 30° ]

3) سقط شعاع بزاوية $45°$ على منشور ثلاثى متساوى الأضلاع معامل انكسار مادته 1.5 احسب:
أ- زاوية الخروج ب- زاوية الانحراف [ 52.37° , 37.37° ]

4) منشور ثلاثى زاوية رأسه $30°$ سقط شعاع ضوئى على أحد أوجهه بزاوية $45°$ فخرج عمودياً على الوجه الآخر احسب معامل انكسار مادة المنشور و زاوية انحراف الشعاع . [ 15° ]

5) سقط شعاع ضوئى عمودياً على أحد أوجه منشور ثلاثى من الزجاج فخرج مماساً للوجه المقابل فإذا كان معامل الانكسار لزجاج المنشور $\sqrt{2}$ أوجد زاوية رأس المنشور [45°]

6) منشور ثلاثى زاوية رأسه $70°$ احسب أقل زاوية سقوط للشعاع الضوئى الساقط على المنشور إذا علمت أن هذا الشعاع خرج مماساً للوجه الآخر للمنشور علماً بأن $n = 1.58$ [ 53.8° ]

7) منشور ثلاثى أجوف زاوية رأسه $60°$ مملوء بسائل معين ثم أجريت تجربة لتعيين مسار شعاع ضوئى خلاله فلوحظ أن زاوية السقوط = زاوية الخروج = $45°$ فأوجد زاوية انحراف الشعاع الضوئى . [ 30° ]

8) سقط شعاع ضوئى فى الهواء على أحد أوجه منشور ثلاثى زجاجى زاوية رأسه $72°$ فانكسر بزاوية $30°$ وخرج مماساً للوجه أوجد : 1. الزاوية الحرجة بين الزجاج و الهواء
2. معامل انكسار مادة المنشور . 3. جيب زاوية السقوط الأولى . [ 42° ، 1.5 ، 0.75 ]

9) سقط شعاع ضوئى على وجه منشور ثلاثى بزاوية $45°$ وخرج بزاوية $52°$ من الوجه الآخر للمنشور فإذا كان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 احسب زاوية رأس المنشور . [ 59.82° ]

10) سقط ضوء بزاوية $45°$ على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع وهذا المنشور مصنوع من زجاج معين له معامل انكسار= 1.67 للضوء الأزرق ذو الطول الموجى 450 نانومتر وله معامل انكسار= 1.64 للضوء الأحمر ذو الطول الموجى 700 نانومتر أوجد زاوية خروج الأزرق و الأحمر من المنشور .
[ 68.25 ، 73.3 ]

11) سقط شعاع ضوئى على منشور ثلاثى متساوى الأضلاع فانحرف بزاوية صغرى $30°$ فأوجد معامل انكسار مادة المنشور [ $\sqrt{2}$ ]

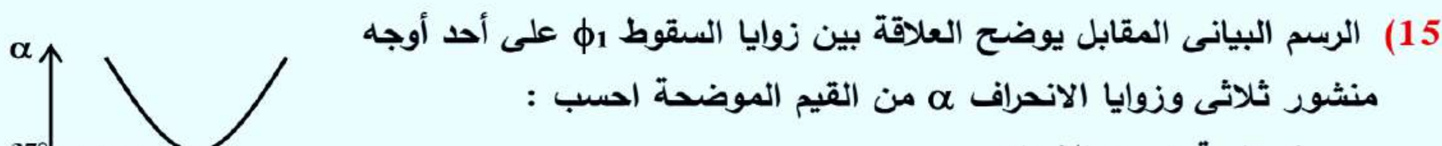
12) منشور ثلاثى من الزجاج وضع فى سائل فإذا كانت زاوية رأس المنشور $60°$ ومعامل انكسار مادته 1.4 ومعامل انكسار السائل 1.2 فما قيمة زاوية الانحراف الصغرى للمنشور و ماقيمة زاوية خروج الشعاع منه ؟ [ 10.9 , 34.45 ]

13) منشور ثلاثى زاوية رأسه $60°$ ومعامل انكسار مادته $\sqrt{2}$ احسب قيمة زاوية الانحراف وزاوية السقوط فى وضع النهاية الصغرى للانحراف [ 30° , 45° ]

14) منشور ثلاثى متساوى الأضلاع إذا كانت النهاية الصغرى لانحراف شعاع ضوئى يسقط عليه 30°

أوجد: أ) معامل انكسار مادته ب) زاوية سقوط الشعاع ج) زاوية خروجه

[ 1.414 , 45° , 45° ]



15) الرسم البيانى المقابل يوضح العلاقة بين زوايا السقوط $\phi_1$ على أحد أوجه منشور ثلاثى وزوايا الانحراف $\alpha$ من القيم الموضحة احسب :

1. زاوية خروج الشعاع
2. زاوية رأس المنشور
3. معامل انكسار مادة المنشور

16) منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 4° ومعامل انكسار مادته 1.5 أوجد زاوية انحراف الضوء خلاله.

17) منشور رقيق يحرف الأشعة الضوئية الساقطة عليه بمقدار 4° فإذا كانت زاوية رأسه 8° احسب قيمة معامل انكسار مادته. [1.5]

18) منشور رقيق من الزجاج معامل انكسار مادته 1.6 وزاوية رأسه 8° غمر فى سائل شفاف فحرف الأشعة الساقطة عليه بزاوية قدرها 2° احسب معامل انكسار السائل. [1.28]

19) منشور رقيق زاوية رأسه 8 درجات معامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.7 و للأحمر 1.5 احسب:

1- الانفراج الزاوى بين اللونين الأزرق والأحمر . 2- قوة التفريق اللونى فى المنشور .

[ 1.6° , $\frac{1}{3}$ ]

20) منشور رقيق زاوية رأسه 8° احسب الانفراج الزاوى بين اللونين الأحمر و البنفسجى علماً بأن معامل انكسار مادة المنشور للضوء الأحمر 1.5 والبنفسجى 1.7 [ 1.6 ]

21) سقط شعاع ضوئى أبيض على أحد أوجه منشور رقيق من الزجاج زاوية رأسه 10° ومعامل انكسار مادته للضوء الأزرق 1.66 والأحمر 1.55 احسب :

1. الانفراج الزاوى فى المنشور 2. قوة التفريق اللونى للمنشور .

22) منشوران رقيقان أحدهما من الزجاج التاجى زاوية رأسه 6.25° ومعامل الانكسار المتوسط له 1.2 وقوة التفريق اللونى له 0.048 والآخر من الزجاج الصخرى زاوية رأسه 10° وقوة التفريق اللونى له 0.012 ، احسب معامل الانكسار المتوسط له لكى يتساوى الانفراج الزاوى للمنشورين. [ 1.5 ]

23) من الشكل المقابل:

أوجد قيمة زاوية رأس المنشور الرقيق.

[ 5.67° ]